

VUOHIEEN HYVINVOINTI NUPOUTUKSESSA

Essi Korhonen

Eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma

Eläintenpito ja hyvinvointi

Kliinisen tuotantoeläinlääketieteen
osasto

Eläinlääketieteellinen tiedekunta

Helsingin yliopisto

2019

Tiedekunta - Fakultet - Faculty Eläinlääketieteellinen tiedekunta		Osasto - Avdelning – Department Kliinisen tuotantoeläinlääketieteen osasto	
Tekijä - Författare – Author Essi Korhonen			
Työn nimi - Arbetets titel – Title Vuohien hyvinvointi nupoutuksessa			
Oppiaine - Läroämne - Subject Eläintenpito ja hyvinvointi			
Työn laji - Arbetets art - Level Lisensiaatin tutkielma	Aika - Datum - Month and year 04/2019	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 55	
<p>Tiivistelmä - Referat – Abstract</p> <p>Tämä eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielma on kirjallisuuskatsaus, jossa käsitellään vuohien hyvinvointia käytettäessä eri nupoutusmenetelmiä. Nupoutus tarkoittaa sarvenaiheen tuhoamista pysyvästi. Nupouttaminen on yleinen toimenpide vuohitiloilla ja se tehdään kileille yleensä ensimmäisen elinviikon aikana. Nupoutuksessa voidaan käyttää kuuma- tai kylmäpolttoa, syövyttävää tahnaa tai neilikkaöljyä, joista Suomessa sallittuja nupoutusmenetelmiä ovat kuuma- ja kylmäpoltto. Suomessa vuohien sarvien poistaminen on sallittua tehdä vain kirurgisesti eläinlääkärin toimesta, mutta tilanne saattaa muuttua tulevaisuudessa uuden eläinten hyvinvointilain myötä.</p> <p>Nupoutus aiheuttaa voimakasta kipua nupoutuksen aikana ja sen jälkeen. Vuohilla esiintyy kipua viittaavia muutoksia fysiologiassa ja käyttäytymisessä vuorokauden ajan nupoutuksesta. Nupoutus nostaa vuohilla veren kortisoli- ja haptoglobiinipitoisuuksia, aiheuttaa sarvenaiheen ihon lämpötilan kohoamista ja nostaa sydämen sykettä. Nupoutus aiheuttaa vuohilla pään ravistelua ja hankaamista, vähentää keuhonhoitoa, pidentää tai lyhentää kokonaismakuu-aikaa ja vähentää syömiseen käytettyä aikaa.</p> <p>Eri nupoutusmenetelmiä käytettäessä kivun voimakkuudessa ja kestossa on havaittu eroja. Syövyttävä tahna ja kylmäpoltto aiheuttavat vuohilla enemmän nupoutuksen jälkeistä kipua kuin kuumapoltto tai neilikkaöljy. Syövyttävää tahnaa tai kylmäpolttoa ei voida pitää vuohien hyvinvoinnin kannalta hyväksyttävänä nupoutusmenetelmänä. Kuumapoltto on yhtä kivulias nupoutusmenetelmä kuin neilikkaöljy fysiologisten vasteiden ja käyttäytymisen muutosten perusteella.</p> <p>Kuumapolttonupoutus on kileillä vaikea toimenpide ja se voi aiheuttaa kallon vaurioitumista, joten kuumapoltolle olisi hyvä löytää hyvinvoinnin kannalta parempi vaihtoehto. Riski kallon vaurioitumiseen nupoutuksessa kasvaa, jos nupouttaja on kokematon. Neilikkaöljy saattaa olla tulevaisuudessa varteenotettava vaihtoehto kuumapolttonupoutukselle, mutta ensin tarvitaan lisää tutkimustietoa neilikkaöljyn pitkäaikaisista vaikutuksista ja neilikkaöljyn tehokkuudesta sarven kasvun estämiseksi.</p> <p>Nupoutus ilman asianmukaista kipulääkitystä heikentää vuohen hyvinvointia. Yhdistelmäänestesia, jossa rauhoitusnukutusaineseoksena käytetään ksylatsiinia, butorfanolia ja ketamiinia, puudutuksessa prokaiinihydrokloridia ja tulehduskipulääkkeenä meloksikaamia, on käytännön kokemuksen mukaan osoittautunut tehokkaaksi kivunlievitysmenetelmäksi nupoutuksessa, mutta aiheesta ei ole julkaistu tutkimuksia. Yhdistelmäänestesian tehokkuudesta nupoutuskivun lievittämiseksi ja nupoutuksen jälkeisen kivun kestosta vuohilla tarvittaisiin lisää tutkimusta.</p>			
<p>Avainsanat - Nyckelord - Keywords</p> <p>vuohi, nupoutus, kipu, hyvinvointi, kili, kuumapoltto, kylmäpoltto, syövyttävä tahna, neilikkaöljy</p>			
<p>Säilytyspaikka - Förvaringställe - Where deposited</p> <p>HELDA – Helsingin yliopiston digitaalinen arkisto</p>			
<p>Työn johtaja (tiedekunnan professori tai dosentti) ja ohjaaja(t) - Instruktor och ledare - Director and Supervisor(s)</p> <p>Johtaja: Laura Hänninen, ohjaaja: Eeva Mustonen</p>			

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	1
2 MIKSI JA MITEN VUOHIA NUPOUTETAAN?.....	3
3 SARVENAIHEEN ANATOMIA JA SARVEN KEHITYS	5
4 KIVUN SYNTY	8
5 NUPOUTUSMENETELMÄT, AIHEUTETUT KUDOSVAURIOT JA NIIDEN PARANEMINEN	11
5.1 Mekaaniset menetelmät	12
5.1.1 Kuumapoltto	12
5.1.2 Kylmäpoltto.....	14
5.2 Kemialliset menetelmät.....	15
5.2.1 Syövyttävä tahna.....	15
5.2.2 Neilikkaöljy	16
5.3 Nupoutusvammojen kivun vertailu	18
6 NUPOUTUKSEN VAIKUTUS VUOHEN HYVINVOINTIIN	19
6.1 Kivun arvioinnin haasteet	19
6.2 Fysiologiset muutokset nupoutuksessa.....	20
6.3 Käyttäytymismuutokset nupoutuksessa	22
7 KOMPLIKAATIOT	26
7.1 Kallon vaurioituminen	26
7.2 Sarven kasvun jatkuminen.....	27
8 KIVUN HOITO NUPOUTUKSESSA	29
8.1 Rauhoitusaineet.....	30
8.1.1 α_2 -agonistit.....	30
8.1.2 Opioidit	31
8.2 Yhdistelmänestesia ketamiinilla ja α_2 -agonistilla	32
8.3 Puudutusaineet	34
8.4 Inhalaatioanesteetit	36
8.5 Tulehduskipulääkkeet.....	37
8.6 Yhdistelmäkipulääkitys	40
9 VAIHTOEHDOT NUPOUTUKSELLE.....	43
9.1 Luonnon nupous	43
9.2 Sarven sahaus	43

10 POHDINTA	45
11 LÄHDELUETTELO.....	48

1 JOHDANTO

Tässä eläinlääketieteen lisensiaatin tutkielmassa tarkastellaan vuohien hyvinvointia käytettäessä eri nupoutusmenetelmiä. Kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on käsitellä kattavasti vuohien nupoutuksesta ja nupoutuskivun hoidosta saatuja viimeaikaisia tutkimustuloksia sekä arvioida vuohien hyvinvoinnin kannalta parhaita vaihtoehtoja. Vuohien nupouttamiseen ei ole olemassa ajantasaista suomenkielistä opasta.

Maa- ja metsätalousministeriön alaisuudessa toimiva tuotantoeläinten hyvinvoinnin neuvottelukunta on määritellyt eläimen hyvinvoinnin eläinyksilön kokemukseksi henkisestä ja fyysisestä olotilasta (Saloniemi ym. 2011). *Farm Animal Welfare Council* julkaisi vuonna 1979 ”viisi vapautta” eläinten hyvinvoinnin perustaksi. Ne ovat vapaus nälästä ja janosta, vapaus epämukavuudesta, vapaus kivusta, vammoista ja sairauksista, vapaus normaaliin käyttäytymiseen sekä vapaus pelosta ja kärsimyksestä (FAWC 1979). Vuonna 2008 Euroopan komission rahoittamassa *The Welfare Quality* -projektissa määritettiin tuotantoeläinten hyvinvoinnin perusteet ja kriteerit. Hyvinvoinnin perusteet ovat hyvä ruokinta, hyvä kasvatusympäristö, hyvä terveys ja lajinmukainen käyttäytyminen. Kriteereitä on 12 ja niiden avulla mitataan eläimen hyvinvointia. Kahdeksannen kriteerin mukaan eläimelle ei saa aiheuttaa kipua tavallisten hoitotoimenpiteiden aikana (The Welfare Quality Network 2008). *International Association for the Study of Pain* on määritellyt kivun epämiellyttäväksi sensoriseksi tai emotionaaliseksi kokemukseksi, johon liittyy kudosvaurio tai sen uhka. Jos yksilö ei pysty kertomaan kokemastaan kivusta, se ei tarkoita, etteikö yksilö voisi kokea kipua tai olla kipulääkityksen tarpeessa (IASP 1994).

Nupouttaminen tarkoittaa sarven aiheen tuhoamista siten, että sarven kasvu estyy pysyvästi. Nupouttaminen on yleinen toimenpide vuohitiloilla ja nupouttamiseen on olemassa useita eri menetelmiä (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Kaikki nupoutusmenetelmät aiheuttavat vuohilla kipua, mutta eri menetelmillä kivun voimakkuudessa ja kestossa on havaittu eroja (Hempstead ym. 2018b). Nupoutus heikentää vuohien hyvinvointia, mikäli se tehdään ilman

asianmukaista kivunlievitystä. Kuumapoltto aiheuttaa voimakasta kipukäyttäytymistä ja fysiologisia muutoksia nupoutuksen aikana ja sen jälkeen (Alvarez ym. 2009, Hempstead ym. 2018b, Hempstead ym. 2018c). Nupoutukseen liittyvää kipua voidaan vähentää asianmukaisella lääkityksellä (Hempstead ym. 2018a). Kilien kallon anatomiasta johtuen vuohien nupouttaminen on vaikea toimenpide (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Euroopan unioni on suositellut, että kilien nupouttamisessa käytettäisiin anestesiaa ja toimenpiteen saisi tehdä vain eläinlääkäri (Council of Europe 1992). *British Veterinary Association* ja *Goat Veterinary Society* ovat suositelleet, että kilien nupoutuksessa käytettäisiin anestesian lisäksi kivunlievitystä (BVA ja GVS 2018).

Suomen eläinsuojelulainsäädäntö on yli 20 vuotta vanha. Eläinsuojeluasetuksen mukaan ainoastaan vasikoiden nupouttaminen on sallittua Suomessa (MMM 396/1996, 23 §). Uutta eläinten hyvinvointilakia on valmisteltu vuodesta 2012 asti. Eläinten hyvinvointilain tavoitteena on: ”parantaa eläinten hyvinvointia ja selkeyttää eläinsuojelua koskevaa lainsäädäntöä” (Eduskunta 2019). Mikäli lakiesityksen sisältöä ei muuteta, vuohien nupouttamisesta tulee jatkossa sallittua myös muiden henkilöiden kuin eläinlääkäreiden toimesta. Lakiesityksen mukaan: ”kipua aiheuttavan toimenpiteen, kuten nupouttamisen, saa tehdä vain eläinlääkäriammattin harjoittaja tai muu sellainen henkilö, jolla on tarvittava koulutus tai riittävä muu osaaminen toimenpiteen tekemiseksi”. Lakiesityksessä sanotaan, että kivuliaissa toimenpiteissä on käytettävä asianmukaista kivunlievitystä ja nupoutuksen yhteydessä se tarkoittaa rauhoitusta, puudutusta ja tulehduskipulääkitystä (HE 154/2018, 15-16 §).

2 MIKSI JA MITEN VUOHIA NUPOUTETAAN?

Sarvet ovat vuohien luonnollinen puolustuskeino saalistajia vastaan. Kaikilla vuohilla ei ole sarvia, vaan osa on luonnostaan sarvettomia eli nupoja (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Suomessa yleisin vuohirotu on suomenvuohi, joka voi olla joko sarvellinen tai nupo (Luonnonvarakeskus 2015). Vuohia nupoutetaan, koska sarvelliset vuohet aiheuttavat lajitovereilleen ja ihmisille vaaraa. Sarvettomia ja sarvellisia vuohia ei voi pitää yhdessä turvallisuussyistä. Vuohilla on vahva arvojärjestys ja vuohet puskevat sarvilla toisiaan lauman arvojärjestyksen selvittämiseksi. Sarvelliset vuohet voivat aiheuttaa vammoja toisille vuohille tai itselleen. Sarvet voivat aiheuttaa esimerkiksi viiltohaavoja tai vakavia murskaavia vammoja. Pienet kilit voivat jopa kuolla, mikäli joutuvat aikuisen vuohen puskemaksi. Taloudellisia menetyksiä voi aiheutua, kun vuohet rikkovat sarvillaan esimerkiksi aitarakenteita. Sarvet voivat jäädä myös kiinni rakenteisiin ja se voi aiheuttaa pahimmassa tapauksessa vuohen kuoleman. Ihmisten on turvallisempi käsitellä vuohia sarvettomina (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Sarvelliset vuohet tarvitsevat enemmän ruokintatilaa kuin sarvettomat (Loretz ym. 2004). Yhdysvalloissa sarvellisia vuohia ei voi rekisteröidä ja vain sarvettomat vuohet voivat osallistua maatalousnäyttelyihin (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Nupouttaminen on mahdollista tehdä kuuma- tai kylmäpolttamalla, syövyttävällä tahnalla tai neilikkaöljyllä. Suomessa on sallittua käyttää nupouttamiseen ainoastaan kuuma- tai kylmäpolttoa (VNa 592/2010, 16 §). Kylmäpolttaminen voi olla tilaolosuhteissa epäkäytännöllistä ja kallista, koska nestetypen käyttöön tarvitaan erillinen laitteisto (Hempstead ym. 2018c), käytännössä kylmäpolttoa ei Suomessa tehdä (Mustonen, henkilökohtainen tiedonanto). Maailmalla syövyttävää tahnaa on käytetty nupouttamiseen, mutta sen käyttö ei ole enää nykypäivänä suositeltavaa. Kuumapoltto on eniten käytetty menetelmä nupouttamiseen (kirjassa Smith ja Sherman 2009) ja neilikkaöljy on maailmalla testattu uusin lupaavana pidetty nupoutusmenetelmä (Hempstead ym. 2018b).

Eri puolilla maailmaa nupoutuskäytännöt vaihtelevat (Wagmann ym. 2018). Yhdysvalloissa ja Australiassa nupoutus tehdään vuohille yleensä ilman kivunlievitystä. Iso-Britanniassa nupoutusta ei saa tehdä ilman anestesiaa (kirjassa Smith ja Sherman 2009) ja Saksassa ja Iso-Britanniassa vain eläinlääkäriin on sallittua nupouttaa vuohia. Sveitsissä eläinlääkäriin lisäksi myös kokenut henkilö voi nupouttaa, mutta nupoutuksessa on käytettävä puudutusta tai yleisanestesiaa. Itävallassa nupoutus on ollut kiellettyä vuodesta 2005 asti (Wagmann ym. 2018). Suomessa vuohien nupouttaminen ei ole sallittua, vaan sarvien poistaminen on mahdollista tehdä ainoastaan kirurgisesti eläinlääkäriin toimesta (MMM 396/1996, 23 §). Tilanne muuttuu todennäköisesti uuden eläinten hyvinvointilain myötä siten, että tulevaisuudessa eläinlääkärit ja muut pätevät henkilöt saavat nupouttaa vuohia (HE 154/2018, 15–16 §).

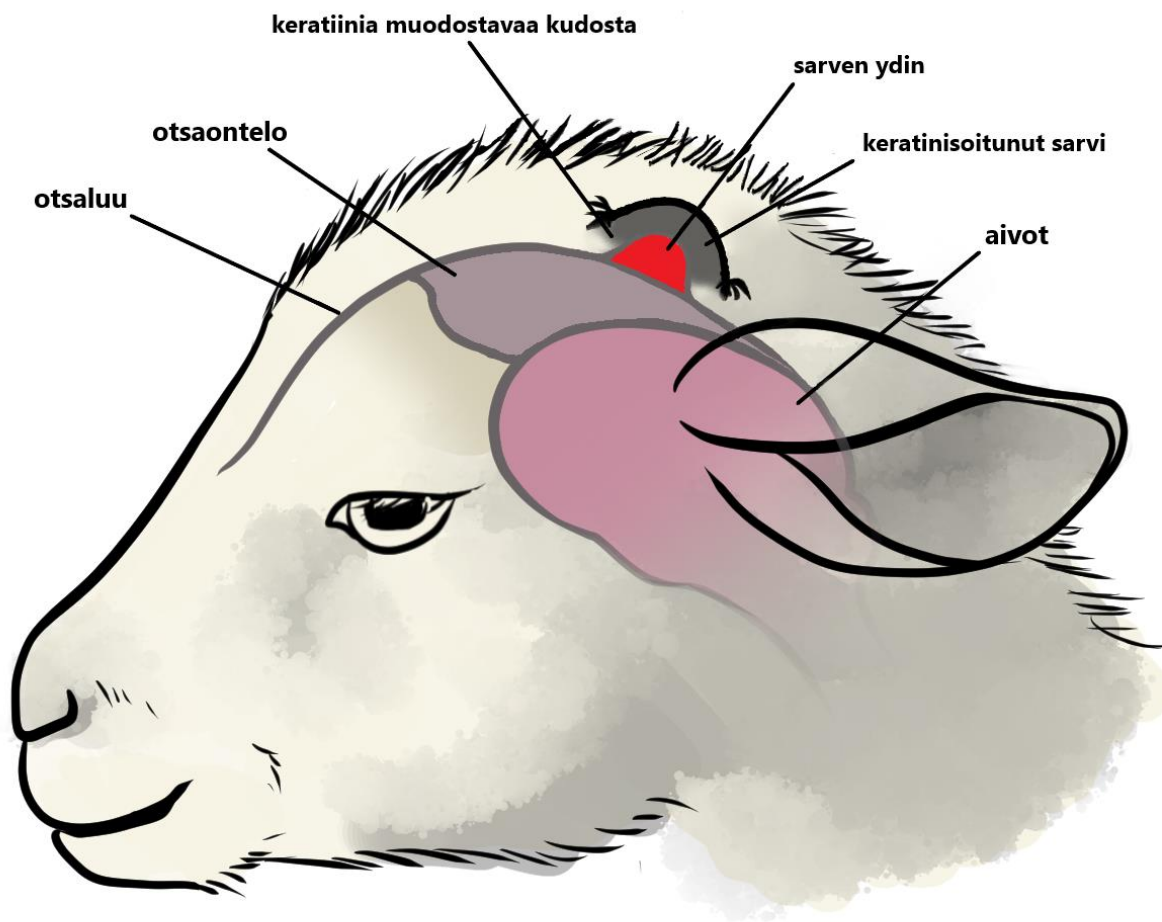
3 SARVENAIHEEN ANATOMIA JA SARVEN KEHITYS

Iho koostuu kolmesta kerroksesta, jotka ovat epidermis eli orvaskesi, dermis eli verinahka ja subcutis eli ihonalaisrasvakudos. Epidermis jakaantuu viiteen eri kerrokseen. Alin kerros on nimeltään tyvikerros, jossa sijaitsevat jakautuvat kantasolut. Ylin kerros on keratinisoituneista soluista koostuva marraskesi. Kolme keskellä olevaa kerrosta ovat lueteltuna pohjasta alkaen okasolukerros, jyväiskerros ja kirkassolukerros. Kirkassolukerros esiintyy vain paksussa ihossa. Epidermiksien alla on dermis. Dermiksestä työntyy epidermiksien puolelle papilloja eli sormimaisia ulokkeita, jotka kiinnittävät kerrokset tiukemmin kiinni toisiinsa. Dermikseen kuuluu kaksi kerrosta, joita kutsutaan nysty- ja verkkokerrokseksi. Dermiksessä on hyvä verisuonitus, paljon tyypin 1 kollageenia ja runsaasti hermopäätteitä. Dermiksien alla on subcutis, jonka paksuus vaihtelee ihon sijainnin mukaan. Subcutis koostuu valtaosin löyhästä sidekudoksesta ja rasvakudoksesta. Ihon apuelimiä ovat muun muassa karvatupet, kynnet sekä hiki-, tali- ja mitorauhaset, jotka ovat lähtöisin epidermaalista kudoksesta (kirjassa Ross ja Pawlina 2016).

Sarvet ovat erikoistunutta epidermaalista kudosta, jossa ei ole ihonalaiskudosta (kirjassa Reese ym. 2009). Sarvia peittää keratinisoitunut iho ja sisältä sarvet ovat onttoja (kirjassa Hall 2005). Sarvien verenkierrosta vastaa *arteria cornualis*, joka on *arteria temporalis superficialis* -valtimon haara. Vuohien sarvia hermottaa *Nervus lacrimalis* ja *Nervus infratrochlearis* -hermojen sarvenpuoleiset haarat. Vuohen sarven rakenne on samanlainen kuin naudalla. Sarvi koostuu tiiviisti pakkautuneista tubuluksista eli ohuista putkimaisista rakenteista. Tubulukset tuottaa sarven dermis ja epidermis (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Sarvenaiheen ihon epidermis tuottaa karvatuppia ennen sarvenkasvun käynnistymistä. Tuntemattomasta syystä karvantuotanto epidermiksessä loppuu ja epidermis alkaa muodostamaan sarvea. Sarven luinen ydin kehittyy vuohilla rustoisesta sidossäikeestä ihonalaisessa sidekudoksessa (kirjassa Hall 2005). Luisen ytimen muodostuminen alkaa, kun epidermis saa aikaan osteoblastien, eli luuta valmistavien solujen, aktivoitumisen. Luusolut ympäröivät sidossäikeen ja aloittavat luun rakentamisen (kirjassa Hall 2005, kirjassa Reese ym. 2009). Sarven luinen ydin on aluksi irrallaan otsaluusta ja kiinnittyy dermiksien välityksellä otsaluuhun

myöhemmin. Sarven kiinnittymiskohdan alle muodostuu otsaontelo kilin kasvaessa. Yleensä otsaontelot eivät ole kileillä kunnolla kehittyneet nupoutusikään mennessä (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Keratinosyytit, eli ihon erikoistuneet epiteelisolut, saavat aikaan sarven pitenemisen. Keratinosyytit tuottavat keratiinia, joka kerääntyy epidermikseen. Sarven luinen ydin kasvaa ja se saa aikaan keratiinin tiivistymisen ja työntymisen ylemmäksi. Uutta keratiinia muodostuu jatkuvasti sarven alaosaan ja vanha keratiini kohoaa ylöspäin. Sarvi on keratiinikerrosten muodostamaa kuollutta kudosta. Sarvi voi jatkaa kasvua koko vuohen elämän ajan, mutta sarvi ei voi muuttaa muotoaan, eikä se voi haarautua myöhemmin. Sarven kasvu on jaksottaista ja kasvu voi pysähtyä. Kasvuun vaikuttavat muun muassa kausittaiset syklit, sairaus, tiineys ja vammat. Sarven kehitys on riippuvainen epidermiksestä, ei sarven luisesta ytimeästä. Tämä on voitu osoittaa kolmella tavalla: ensimmäisessä tavassa epidermis on leikattu irti ja se on aiheuttanut sarven kasvun loppumisen pysyvästi. Toisessa tavassa epidermis on siirretty toiseen kohtaan vartaloa, jolloin sarvi on muodostunut tähän kohtaan. Kolmannessa tavassa sarven luinen ydin on siirretty eri kohtaan päässä, jolloin sarvea ei ole muodostunut (kirjassa Hall 2005). Vuohen sarvenaiheen anatomiaa on havainnollistettu Kuvassa 1.



Kuva 1. Vuohen sarvenaiheen anatomia. Kuva: Melinda Miikkulainen ja Essi Korhonen.

4 KIVUN SYNTY

Kipu voidaan luokitella syntymekanismin mukaan elimelliseksi tai psykogeeniseksi kivuksi. Elimellinen kipu jaetaan nosiseptiseen ja neurogeeniseen kipuun. Neurogeeninen kipu aiheutuu kipujärjestelmässä olevasta patologisesta prosessista, joka aiheuttaa vauriota hermosoluun (kirjassa Attila ym. 2003). Nosiseptinen kipu voidaan jakaa edelleen pinnalliseen ja syvään kipuun. Syvä kipu liittyy esimerkiksi luustolihasten, luiden tai jänteiden vaurioitumiseen (kirjassa Sjaastad ym. 2003).

Nosiseptinen kipu syntyy, kun kipua aistivat vapaat hermopäätteet, eli nosiseptorit, aktivoituvat kudoksessa (kirjassa Attila ym. 2003). Nosiseptorin aktivoituminen tapahtuu mekaanisen tai kemiallisen ärsykkeen tai ääriämpötilan johdosta. Nosiseptorit voivat aktivoitua suoraan kudoksen vaurioitumisen seurauksena, mutta yleensä nosiseptorit aktivoituvat epäsuorasti kemiallisten kudოსvauriossa syntyneiden aineiden, kuten prostaglandiinien, välityksellä. Kipuärsyke muuttuu ääreishermoissa sähköiseksi hermoimpulssiksi ja impulssi kulkee hermoratoja pitkin selkäyttimeen. Selkäytimestä impulssi jatkaa matkaa keskushermostoa pitkin ja päättyy lopulta aivojen kuorikerrokseen, jossa signaali muuttuu tietoiseksi kipuaistimukseksi. Keskushermostossa on useita eri mekanismeja, jotka aktivoituessaan voivat joko heikentää tai vahvistaa kipusignaalia (kirjassa Sjaastad ym. 2003). Eri tilanteet voivat vaikuttaa kivuntuntoon. Kivun kokemisessa on paljon vaihtelua yksilöiden välillä, koska aiemmat kokemukset vaikuttavat kivun kokemiseen. Myös sukupuoli voi vaikuttaa kivuntuntoon, esimerkiksi uuhikaritsat ovat herkempiä kivulle kuin saman ikäiset pässikaritsat (Guesgen ym. 2011).

Kipu on elimistön suoja mekanismi, joka pyrkii ehkäisemään kudoksia vaurioitumasta lisää. Kipu voidaan luokitella akuuttiin ja krooniseen kipuun. Akuutti kipu on elimistön tapa kertoa kudოსvauriosta. Akuutti kipu on hetkellistä ja se loppuu, kun kipua aiheuttava stimulus on ohi. Krooninen kipu on pitkäaikaista ja se korreloi heikosti kudოსvaurion kanssa (kirjassa Sjaastad ym. 2003). Krooninen kipu kestää pidempään kuin vamman paraneminen (Molony ja Kent

1997). Kudosvaurion aiheuttama hermopääätteiden vaurioituminen johtaa perifeeriseen hyperalgesiaan eli herkistyneeseen kivuntuntoon alueella. Hyperalgesia tarkoittaa, että aiemmin vähän kipua aiheuttanut stimulus aiheuttaa hyvin voimakkaan kipuaistimuksen (kirjassa Sjaastad ym. 2003). Hyvin voimakas kipuärsyke voi aiheuttaa lisäksi keskushermoston herkistymistä kivulle. Pitkään jatkunut voimakas kipu voi johtaa muutoksiin keskushermostossa, mikä voi johtaa krooniseen kipuun tai allodyniaan. Allodyniasa aiemmin kivuttomaksi koettu ärsyke, kuten esimerkiksi kosketus, voi aiheuttaa kipua (kirjassa Sjaastad ym. 2003, kirjassa Attila ym. 2003).

Nupoutus voi aiheuttaa akuutin kivun lisäksi kroonista kipua (Casoni ym. 2019). Vuohet nupoutetaan yleensä hyvin nuorina, vain muutaman päivän ikäisinä (katsauksessa Plummer ja Schleining 2013). Ihmisillä vastasyntyneen kipua heikentävä järjestelmä on kehittymättömämpi kuin aikuisilla, jonka vuoksi vastasyntyneet voivat olla aikuisia herkempiä kivulle (katsauksessa Fitzgerald ja Beggs 2001). Vastasyntyneet pässikaritsat ovat herkempiä kivulle kuin 12 päivän ikäiset pässit (Guesgen ym. 2011). Vastasyntyneen kipujärjestelmän muovautuvuuden vuoksi kipukokemus varhaisella iällä voi johtaa koko loppuelämän kestävään hermoston rakenteen ja toiminnan muutokseen (katsauksessa Fitzgerald ja Beggs 2001, Walker ym. 2009, Adcock ja Tucker 2018). Rotilla kivulias kokemus vastasyntyneenä herkistää kivulle aikuisena (Walker ym. 2009). Kolmen päivän ikäisenä nupoutetut vasikat ovat herkempiä kivulle kuin kuukauden ikäisenä nupoutetut vasikat. Tämä voi tarkoittaa sitä, että nupoutus vastasyntyneenä herkistää kivulle myöhemmin (Adcock ja Tucker 2018).

Lyhytkestoisella kivulla voi olla hyödyllisiä vaikutuksia. Akuutti kipu voi edistää vamman paranemista, sillä se saa eläimen lepäämään enemmän ja liikkumaan vähemmän. Krooninen kipu on haitallista, sillä se voi hidastuttaa kasvua ja alentaa elopainoa. Krooninen kipu vaikuttaa myös immuunijärjestelmään ja se voi heikentää immuunipuolustusta (katsauksessa Stull ja Reynolds 2008). Kipusignaalin eteneminen hermostossa ja kivun tiedostaminen voidaan estää vaikuttamalla lääkeaineilla kipujärjestelmän eri osiin. Tulehduskipulääkkeet estävät kipusignaalin synnyn kudoksen vauriopaikalla vaikuttamalla epäsuorasti nosiseptoreihin. Puudutteet pysäyttävät kipusignaalin etenemisen aivoihin selkäytimen

nousevissa hermoradoissa. Opioidit vaikuttavat suoraan kipua välittäviin reseptoreihin keskushermostossa (kirjassa Attila ym. 2003).

5 NUPOUTUSMENETELMÄT, AIHEUTETUT KUDOSVAURIOT JA NIIDEN PARANEMINEN

Nupoutusmenetelmät voidaan jakaa mekaanisiin ja kemiallisiin menetelmiin vamman syntymekanismin perusteella. Mekaanisiin menetelmiin kuuluu kuuma- ja kylmäpoltto. Nupouttaminen voidaan tehdä mekaanisesti myös viiltämällä sarvenaiheen iho irti (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Tämä ei ole yleisesti käytetty menetelmä, joten sitä ei käsitellä tässä tutkielmassa. Kemiallisiin menetelmiin luetaan kuuluvaksi syövyttävä tahna ja neilikkaöljy (kirjassa Smith ja Sherman 2009, Farajli ym. 2018). Suomessa sallittuja nupoutusmenetelmiä ovat vain kuuma- ja kylmäpoltto (VNa 592/2010, 16 §).

Eri nupoutusmenetelmät aiheuttavat erilaisia vammoja, jotka myös paranevat eri nopeudella (Hempstead ym. 2018b). Haavan paranemisen vaiheet ovat hyytyminen, tulehdus-, korjaus- ja uudelleenmuodostusvaihe. Hemostaasissa, eli verenvuodon hyytymisvaiheessa, vaurioalueen verisuonet supistuvat, mikä aiheuttaa kudoksen hapenpuutteen ja pH:n alenemisen. Kudosvaurio aiheuttaa verisuonten laajenemista aiheuttavien tekijöiden vapautumisen, jolloin vaurioalueen verenkierto lisääntyy. Samalla verisuonten läpäisevyys kasvaa ja tulehdussolut pääsevät verenkierrasta paikalle. Verihyytymä muodostuu, kun veriplasman fibrinogeeni muuttuu fibriiniksi ja verihiutaleet tarttuvat toisiinsa peittämään vauriokohtaa. Inflammaatio- eli tulehdusvaiheessa tulehdussolut, eli neutrofiilit ja myöhemmin lymfosyytit, saapuvat paikalle ja alkavat puhdistamaan vaurioaluetta. Proliferaatio- eli korjausvaiheeseen kuuluu verisuonten uudelleenkasvu alueelle, haavan pintaan muodostuvan sidekudoksen muodostuminen, ruven syntyminen sekä haavan supistuminen. Uudelleenmuodostumisvaiheessa arpi kypsyy ja korvautuu vähitellen normaalilla epiteelillä (katsauksessa Singh ym. 2017).

5.1 Mekaaniset menetelmät

5.1.1 Kuumapoltto

Kuuma lämpötila denaturoi, eli muuttaa sarvenaiheen epiteelikudoksen proteiinien kolmiulotteista muotoa, ja heikentää proteiinien toimintakykyä. Proteiinien denaturoituminen lisää solujen Na^+ -pitoisuutta, mikä aiheuttaa solujen turpoamisen. Proteiinien muodon muuttuminen aiheuttaa proteiinien hyytymisen ja johtaa solukuolemaan. Prosessin aikana syntyy myös vapaita radikaaleja, jotka edesauttavat solukuolemaa vaurioittamalla solukalvoja. Palovamman syvyys ei ole koko vamman alueella sama, vaan vamman keskiosassa kudosis on kuoliossa ja haavan reunoilla ja pohjalla vamma on pinnallisempi (kirjassa Papp 2012). Kuolioituneen alueen ympärillä on hyytyneen veren täyttämä alue, jossa verenkierto on heikentynyt verisuonivaurioiden takia. Hyytymäaluetta ympäröi verekkäs alue, verekkäällä alueella verisuonet ovat laajentuneet ja alueella on paljon toimintakykyisiä soluja. Verekkään alueen paranemiskyky on hyvä verrattuna muihin vaurioalueisiin (katsauksessa Shupp ym. 2010, kirjassa Papp 2012).

Kuumapoltto tehdään yleensä kaasui- tai sähkökäyttöisellä kolvilla. Yhdysvalloissa vuohille käytetään yleensä samoja nupoutusrautoja kuin vasikoille (katsauksessa Plummer ja Schleining 2013). Vasikan nupouttamiseen tarkoitetut nupoutuskolvit soveltuvat usein myös pienille kileille. Kaasukäyttöiset kolvit ovat mahdollisesti sähkökäyttöisiä parempia. Nupoutuskolvinpään leveys pitää olla vähintään 2 cm:ä halkaisijaltaan. Pukkikileillä on suositeltavaa käyttää leveämpää noin 2,5–2,8 cm:ä halkaisijaltaan olevaa kolvinpäättä. Kilin sarvenaihe on pään kokoon suhteutettuna kileillä suurempi kuin vasikoilla. Nupoutus pitää tehdä kileille varhaisessa iässä, jolloin sarvenaiheet ovat tarpeeksi pienet, jotta kolvilla polttaminen onnistuu yhdellä kertaa (kirjassa Matthews 2016).

Sopiva nupoutusikä riippuu kilin koosta, rodusta ja sukupuolesta. Eurooppalaisilla vuohiroduilla, kuten saanen, alpine ja toggenburg -rotujen kuttukileillä, nupoutus on suositeltavaa tehdä 5–7 päivän iässä. Hyvin pienille kileille, esimerkiksi nubian ja pygmy -

rotujen kutuille, nupoutusta voidaan siirtää myöhemmäksi. Pukkikileillä on yleensä suuremmat sarvenaiheet kuin kutuilla, jonka takia pukkien nupoutus on syytä tehdä varhaisemmassa iässä kuin kuttujen. Pukkikilien nupoutus on suositeltavaa tehdä jo 3–5 päivän iässä (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Liian suureksi kasvaneita sarvenaiheita ei suositella nupoutettavaksi kolvilla, koska niiden polttaminen voi kestää kauan ja toimenpide aiheuttaa ylimääräistä stressiä vuohelle (kirjassa Matthews 2016, katsauksessa Plummer ja Schleining 2013). Riski kallon vaurioitumiselle ja sarven kasvun jatkumiselle on silloin suurempi kuin normaalisti (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Liian suureksi kasvaneiden sarvenaiheiden on suositeltavaa antaa kasvaa lisää ja poistaa ne sahalla myöhemmin (kirjassa Matthews 2016).

Ennen nupouttamista karvat pitää ajaa sarven ympäriltä. Karvojen ajo parantaa näkyvyyttä, lyhentää polttoaikaa ja vähentää savun muodostumista. Jos sarvenaihe on suuri, voi sarvea lyhentää saksilla. Nupouttaessa kolvinpään pitää olla hehkuvanpunainen ja sen pitää pysyä riittävän kuumana toimenpiteen ajan (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Sarvenaihetta on suositeltavaa polttaa yhtäjaksoisesti enintään 3–4 sekunnin ajan kolvia samalla kevyesti painaen ja kiertäen. Riittävä aika riippuu kolvin lämpötilasta (kirjassa Harwood ja Mueller 2018). Matalatehoisilla kolveilla sarvenaihetta pitää polttaa kauemmin kuin tehokkaammilla kolveilla (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Jos sarvenaihetta poltetaan kauan tai jos käytetään liian suurta voimaa, riski kallon vaurioitumiseen kasvaa (kirjassa Harwood ja Mueller 2018). Nupoutus on onnistunut, kun iho sarven ympärillä on irronnut ja koko sarvenaihetta ympäröi kuparinvärinen rengas. Jos sarvenaihetta joudutaan polttamaan uudestaan, päätä pitää viilentää ennen uutta polttamista (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Kuumapoltolla nupouttamiseen on käytössä kaksi eri tapaa: joko poltetu sarvenaiheen iho nostetaan pois nupoutuksen jälkeen tai se jätetään paikoilleen (Hempstead ym. 2018e). Poltetu sarvenaihe on suositeltavaa poistaa, koska silloin riski sarven kasvun jatkumiselle ja haavojen tulehtumiselle pienenee (kirjassa Matthews 2016).

Mekaanisen palovamman syvyys riippuu kolvin lämpötilasta ja nupoutusajasta, mutta myös esimerkiksi ihon paksuudesta ja verisuonituksesta. Palovammat luokitellaan syvyyden mukaan

kolmeen luokkaan. Ensimmäisen asteen palovammat ulottuvat epidermikseen. Ne ovat pinnallisia ja paranevat nopeasti muutamassa päivässä. Toisen asteen palovammat ulottuvat koko epidermiksen läpi aina dermikseen asti. Ne luokitellaan edelleen kolmeen alaluokkaan, sen mukaan ulottuvatko ne verinahan pinta-, keski- tai pohjaosaan saakka. Eri luokissa on hyvin erilainen paranemiskyky ja paranemisaika vaihtelee kahdesta viikosta yli kuuteen viikkoon saakka. Kolmannen asteen palovammat ulottuvat kaikkien ihokerrosten läpi ihonalaisrasvakudokseen asti tai sitäkin syvemmälle. Kolmannen asteen palovammat paranevat huonosti (kirjassa Papp 2012). Kuumapoltossa käytetty lämpötila on korkea ja polttoaika pitkä, joten se johtaa syvään toisen tai kolmannen asteen palovammaan (Benson ym. 2006, kirjassa Papp 2012). Kuumapoltto aiheuttaa avoimen ja kostean haavan, joka ulottuu luuhun asti. Poltetun ihon ympärillä on havaittavissa punoitusta ja ärsytystä kahden päivän kuluttua nupoutuksesta. Kuolioitunut rupi muodostuu viikon päästä nupoutuksesta ja vielä kuuden viikon jälkeen nupoutuksesta on havaittavaissa pienet ruvet. Vasikoilla poltetut sarvenaiheet ovat herkistyneet kivulle 9 viikon ajan eli koko nupoutusvamman paranemisen ajan (Adcock ja Tucker 2018).

5.1.2 Kylmäpoltto

Kylmäpoltto aiheuttaa kolmivaiheisen kudoksen jäätymisen. Ensimmäinen vaihe käsittää kylmän lämpötilan aiheuttaman suoran soluvaurion. Nopea jäätyminen johtaa solunulkoisten jääkiteiden muodostumiseen ja solujen kuivumiseen. Kun jäätyminen jatkuu, muodostuu solunsisäisiä jääkiteitä. Kylmäpoltossa nopea lämpötilan laskeminen on tärkeää, koska silloin muodostuu suuria jääkiteitä, jotka vaurioittavat soluja tehokkaammin kuin pienet jääkiteet. Solunsisäiset jääkiteet vaurioittavat mitokondrioita, endoplasmista retikulumia ja muita soluelimiä, ja solunsisäiset vauriot johtavat solukuolemaan. Toinen vaihe käsittää jäätyminen aiheuttamat verisuonimuutokset. Kylmä lämpötila aiheuttaa verisuoniin hyytymiä, jotka johtavat alueen verenkierron heikkenemiseen ja hapen puutteeseen. Kolmas vaihe on immunologinen vaihe. Soluvaurio houkuttelee paikalle verenkierrosta makrofageja, neutrofiilejä ja muita tulehdussoluja, jotka alkavat puhdistamaan aluetta. Myöhemmin paikalle saapuvat verenkierrosta myös lymfosyytit, joilla on tärkeä merkitys vaurioalueen puhdistuksessa (kirjassa Krunic ja Marini 2015).

Vuohilla käytetään yleensä samoja nestetyyppiaplikaattoreita kuin vasikoiden nupoutuksessa. Nestetyypeä suihkutetaan aplikaattorista sarvenaiheeseen noin 10 sekunnin ajan yhtäjaksoisesti (Hempstead ym. 2018b). Kudoksen jäätyminen syvyys nupoutettaessa voi vaihdella sarvenaiheen koon ja ihon paksuuden mukaan. Jäätymisvamma ulottuu yleensä pinnalliseen verinahkaan saakka. Nupoutuksen jälkeisenä päivänä vamman pinta on siisti ja kuiva, mutta kahden päivän kuluttua nupoutuksesta haavat avautuvat. Haavan pinta on avautumisen jälkeen punainen ja kostea. Ruvet muodostuvat viikon kuluttua nupoutuksesta ja pienet ruvet ovat havaittavissa kuuteen viikkoon saakka (Hempstead ym. 2018b).

5.2 Kemialliset menetelmät

5.2.1 Syövyttävä tahna

Nupouttaminen on mahdollista tehdä kemiallisesti syövyttämällä sarvenaiheen iho vahvalla emäksisellä aineella. Emäksisenä aineena käytetään usein tahnaa, joka sisältää natrium-, kalium- tai kalsiumhydroksidia ja jonka pH on yli 11,5 (Hempstead ym. 2018b, Vickers ym. 2005, katsauksessa Palao ym. 2009). Suomessa emäksisen tahnan käyttö sarvenaiheen tuhoamiseksi ei ole sallittua (VNa 592/2010, 16 §). Emäksinen tahna vaurioittaa kudoksia kolmella mekanismilla: ensimmäinen mekanismi on emäksen aiheuttama rasvojen saippuoituminen, jonka seurauksena vapautuu kudoksia vaurioittavaa lämpöä. Toisessa mekanismissa vahva emäs sitoo kosteutta ympäriltään, jolloin solut kuivuvat ja kuolevat. Kolmannessa mekanismissa emäs liuottaa kudosten proteiineja ja muodostaa proteiineista helposti liukenevia hydroksyyli-ioneja sisältäviä proteiinaatteja. Proteiinaatit aiheuttavat kudოსvauriota, joka johtaa kudoksen liukenemiskuolioon (katsauksessa Palao ym. 2009).

Emäksisen tahnan kudoksia syövyttävä vaikutus alkaa hitaasti minuuttien kuluessa ja vaikutus kestää niin kauan kuin tahna on kosketuksessa terveeseen ihon kanssa (katsauksessa Palao ym. 2009). Syövyttävä tahna vaurioittaa myös muita kudoksia, jos se pääsee leviämään. Sadesäällä tahna voi valua kilin silmiin (kirjassa Smith ja Sherman 2009) ja tahna voi pahimmassa tapauksessa puhkaista sarveiskalvon (katsauksessa Palao ym. 2009). Emäksinen tahna voi

aiheuttaa haavoja muualle kehoon, jos kili pääsee raapimaan päätänsä jalalla. Jos kili hieroo päätänsä toisia vuohia vasten, vammoja voi syntyä myös muille vuohille (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Kemiallisen vamman syvyys riippuu käytetyn aineen konsentraatiosta, määrästä, vaikutusajasta, ihon läpäisemiskyvystä ja vaikutusmekanismista (katsauksessa Palao ym. 2009). Vamman syvyys vaihtelee dermiksen pinnalta dermiksen keskiosaan ulottuviin haavoihin. Haavan pinta on tyypillisesti rakkulainen ja rakkulat voivat rikkoutua helposti, jolloin paljastuu punainen, kostea ja kosketusarka haavapeti (kirjassa Papp 2012). Vuorokauden kuluttua nupoutuksesta on havaittavissa avoimet ja kosteat haavat. Haavan ympärillä oleva iho on voimakkaan punainen ja ärtynyt. Rupi muodostuu kahden päivän kuluttua nupoutuksesta ja vielä kuuden viikon jälkeenkin on havaittavissa laajat ruvet. Syövyttävä tahnaa käytettäessä vamman paraneminen on hitaampaa ja kudოსvauriota aiheutuu laajemmalle alueelle kuin muissa nupoutusmenetelmissä (Hempstead ym. 2018b).

5.2.2 Neilikkaöljy

Neilikkaöljy on eteerinen öljy, jonka vaikuttava ainesosa on eugenoli. Neilikkaöljy sisältää eugenolia yleensä noin 80–90 tilavuusprosenttia. Eugenoli on fenolinen yhdiste, jolla on useita hyödyllisiä ominaisuuksia: pieninä pitoisuuksia eugenolilla on hapettumista ehkäiseviä ja tulehdusta hillitseviä vaikutuksia. Suurempina pitoisuuksina eugenoli toimii kudoksen vaurioittavana pro-oksidanttina eli hapetusreaktiota kiihdyttävänä tekijänä (katsauksessa Jaganathan ja Supriyanto 2012). Eugenolilla on bakteerien, sienten ja virusten kasvua ehkäisevä vaikutus (Devi ym. 2010, de Souza ym. 2014, Molaei ym. 2015). Antimikrobinen vaikutus perustuu eugenolin kykyyn denaturoida mikrobien proteiineja ja reagoida solukalvon fosfolipidien kanssa (Devi ym. 2010). Eugenolin tulehdusta estävä vaikutus perustuu syklo-oksigenaasi 2 -entsyymin inhibitioon (Kim ym. 2003) ja eugenolin sitoutumisesta kapsaisiinireseptoreihin (Ohkubo ja Shibata 1997). Suomessa neilikkaöljyn käyttö nupouttamiseen ei ole sallittu (VNa 592/2010, 16 §).

Eugenolin tarkasta kipua lievittävästä vaikutusmekanismista ei ole varmuutta. Kipua lievittävän mekanismin on ajateltu liittyvän perifeerisen neuropaattisen kivun estoon, prostaglandiinin sekä muiden tulehduksen välittäjäaineiden tuotannon estoon sekä natrium- ja kalsiumkanavien sulkuun (Kurian ym. 2006, Daniel ym. 2009, Yagura ym. 2018). Eugenoli aiheuttaa syöpäsolujen kuolemaa ja estää syövän etenemistä (katsauksessa Jaganathan ja Supriyanto 2012). Neilikkaöljyä on käytetty pitkään hammaslääketieteessä paikallispuudutteena sen kipua lievittävän ja aseptisen vaikutuksen johdosta (katsauksessa Markowitz ym. 1992). Neilikkaöljyä on käytetty myös kalojen anestesiassa (Fujimoto ym. 2018). Neilikkaöljy on sytotoksista ihmisen ihosoluille ja aiheuttaa solukalvojen hajoamista ja solukuolemaa (Prashar ym. 2006, de Souza ym. 2014).

Kileillä on havaittu sarvenaiheen solujen paikallista kuolioitumista ja sarvenkasvun estymistä, kun neilikkaöljyä on injektioitu sarvenaiheeseen (Molaei ym. 2015). Neilikkaöljyn kipua lievittävän vaikutuksen ja menetelmän helppouden takia neilikkaöljyä on pidetty lupaavana vaihtoehtona kuumapoltonupoutukselle. Neilikkaöljyn kipua ja tulehdusta lievittävän vaikutuksen vuoksi on oletettu, että neilikkaöljy olisi kuumapolttoon verrattuna vähemmän kivulias nupoutusmenetelmä (Farajli ym. 2018), mutta ei tiedetä, paljonko neilikkaöljyä pitäisi injektoida, jotta anesteettinen vaikutus vuohilla saavutettaisiin (Hempstead ym. 2018b).

Neilikkaöljy injisoidaan pistämällä neula sarvenaiheeseen 45 asteen kulmassa turpaan ja korvaan nähden. Ennen injisoimista neulalla tehdään sarveen pieni kolo neilikkaöljyä varten. Neula pistetään sarvenaiheen keskelle, kierretään sitä ja vedetään hieman taaksepäin. Sen jälkeen neilikkaöljyä injisoidaan koloon 0,2 millilitraa. Käytetty neilikkaöljy on sisältänyt 83–85 tilavuusprosenttiyksikköä eugenolia (Hempstead ym. 2018e). Neilikkaöljyllä nupoutetuilla kileillä on havaittu ohimenevää yläluomen ihon tulehtumista nupoutuksen jälkeen. Tämä voi johtua neilikkaöljyn varomattomasta injisoimisesta tai kilin liikkumisesta injisoimisen aikana (Hempstead ym. 2018b). Neilikkaöljyn tehokkuudesta sarven kasvun estymiseen on saatu ristiriitaisia tuloksia (Molaei ym. 2015, Hempstead ym. 2018e).

Neilikkaöljy aiheuttaa injektioalueen iholle mustuneita nekroottisia kohtia, mutta ei avoimia haavoja. Muodostuva rupi on neilikkaöljyä käytettäessä pienempi kuin muissa nupoutusmenetelmissä. Muita nupoutusmenetelmiä kuin neilikkaöljyä käytettäessä sarvenaiheen iho ei ole kokonaan parantunut kuuden viikon kuluttua nupoutuksesta. Neilikkaöljyä käytettäessä rupi muodostuu noin viikon päästä nupoutuksesta ja kuuden viikon kuluttua iho on parantunut. Neilikkaöljy voi aiheuttaa vähemmän kudosisvauriota kuin muut menetelmät ja neilikkaöljy voi johtaa nopeampaan vamman parantumiseen (Hempstead ym. 2018b).

5.3 Nupoutusvammojen kivun vertailu

Kivun vertailu käytettäessä eri nupoutusmenetelmiä on haastavaa, koska menetelmät aiheuttavat kudosisvauriota eri mekanismeilla ja siksi aiheutettu kipu on erilaista (Hempstead ym. 2018b). Nupoutusvamma aiheuttaa hermopäätteiden herkistymisen kivulle, jolloin kivuton ärsyke voi aiheuttaa voimakasta kipua. Palovamma, tai muu voimakas kipuärsyke, voi aiheuttaa keskushermoston herkistymisen kivulle (kirjassa Attila ym. 2003). Kiputunto vaurioalueella heikkenee, mikäli hermopäätteet tuhoutuvat kudosisvauriossa täydellisesti (Hempstead ym. 2018b). Nupoutusvamman syvyys tyypillisesti vaihtelee ja palovamman syvyys on reunoilla ja pohjalla pinnallisempi kuin keskellä (kirjassa Papp 2012). Vaurioalueen keskellä sarvenaiheen tunto saattaa olla heikentynyt nosiseptoreiden tuhoutumisen myötä (Hempstead ym. 2018b). Haavan reunoilla ja pohjalla vamma voi olla herkistynyt kivulle, koska hermopäätteet eivät ole tuhoutuneet (kirjassa Papp 2012). Nupoutetuilla kileillä sarvenaiheen ihon kosketusherkkyys on suurempi kuin nupouttamattomilla. Eri nupoutusmenetelmiä käytettäessä sarvenaiheen ihon kosketusherkkydessä on havaittu eroa. Kylmäpoltolla tai syövyttävällä tahnalla nupoutetut kilit reagoivat herkemmin sarvenaiheen ihon kosketukseen tunnin ajan nupoutuksesta kuin kuumapoltolla nupoutetut (Hempstead ym. 2018d). Neilikkaöljyllä nupoutettujen kilien sarvenaiheiden kosketusherkkyttä ei ole tutkittu.

6 NUPOUTUKSEN VAIKUTUS VUOHEN HYVINVOINTIIN

6.1 Kivun arvioinnin haasteet

Kipu voi muuttaa yksilön käyttäytymistä ja fysiologiaa. Kipua voidaan arvioida käyttäytymiseen ja fysiologiaan liittyvien muutosten avulla. Kivun tutkiminen eläimillä ei ole yksinkertaista, sillä eläinten kivun tunnistaminen ja kivun mittaaminen voi olla vaikeaa. Kivun huomaaminen ei ole välttämättä helppoa, koska eläin ei pysty kertomaan kokemastaan kivusta ja saaliseläin voi yrittää peittää kivun. Akuutti ja krooninen kipu aiheuttavat erilaisia muutoksia käyttäytymisessä ja fysiologiassa, ja etenkin kroonisen kivun aiheuttamien muutosten tunnistaminen voi olla eläimillä haastavaa (katsauksessa Anil ym. 2002).

Sekä käyttäytymiseen että fysiologiaan liittyy paljon lajien, rotujen ja yksilöiden välistä vaihtelua. On tiedettävä, mikä on normaalia yksilöiden välistä vaihtelua ja milloin on kyseessä kipuun liittyvä muutos (katsauksessa Anil ym. 2002). Käyttäytymismuutosten tarkastelua on laajalti käytetty kivunarvioinnissa eläimillä. Käyttäytymismuutokset voi olla herkempi menetelmä arvioimaan nupoutuksen aiheuttamaa kipua kuin fysiologiset muutokset (katsauksessa Stock ym. 2013). Käyttäytymismuutoksia arvioidessa pitää huomioida, että normaaliin käyttäytymiseen vaikuttavat monet eri tekijät: esimerkiksi ympäristön vaihdos tai eristys laumasta voivat muuttaa eläimen käyttäytymistä. Ihmisen läsnäolo voi vaikuttaa eläimen käyttäytymiseen, koska saaliseläimet pyrkivät piilottamaan kokemansa kivun. Eläin voi kokea kipua, vaikka silmiinpistäviä käyttäytymismuutoksia ei havaita (katsauksessa Anil ym. 2002).

Nupoutuskivun arvioinnissa yleisesti tutkittuja fysiologisia muuttujia ovat sydämen syke, veren kortisolipitoisuus, syömiskäyttäytyminen ja painon kehitys (katsauksessa Stock ym. 2013). Fysiologiset mittaukset voivat olla epäluotettavia kivun arvioinnissa, sillä useat normaalit toiminnot, kuten syöminen ja liikkuminen, voivat nostaa veren kortisolipitoisuuksia.

Stressaavat mutta ei-kivuliaat tilanteet voivat aiheuttaa samanlaisia fysiologisia muutoksia elimistössä kuin eläimen kokiessa kipua. Eristys lajikumppaneista, kiinnipito tai verinäytteen otto aiheuttavat eläimillä stressiä ja voivat nostaa veren kortisolipitoisuuksia (Bentson ym. 2003, Pearson ym. 2008). Lajien ja yksilöiden välillä on suuria eroja veren kortisolipitoisuuksissa. Sukupuoli, ikä, vuorokaudenaika ja aikaisempi kokemus vaikuttavat myös kortisolitasoihin veressä. Tietyt lääkeaineet, kuten bentsodiatsepiinit tai ketamiini, saattavat laskea veren kortisolitasoja (Bentson ym. 2003). Fysiologiaan ja käyttäytymiseen liittyviä muutoksia voidaan pitää yhdessä toimivana menetelmänä arvioimaan eläimen kokemaa kipua (katsauksessa Anil ym. 2002).

6.2 Fysiologiset muutokset nupoutuksessa

Kuumapolton aiheuttamista fysiologisista muutoksista vuohilla on julkaistu useita tutkimuksia (Alvarez ym. 2009, Alvarez ja Gutierrez 2010, Alvarez ym. 2014) Fysiologisia muutoksia voidaan käyttää apuna määrittäessä nupoutuksen aiheuttamaa kipua. Nupoutus nostaa vuohilla veren kortisoli- ja haptoglobiinipitoisuuksia (Greenwood ja Shutt 1990, Hempstead ym. 2018b) sekä aiheuttaa kohonnutta sydämen sykettä ja sarvenaiheen ihon lämpötilan kohoamista (Nfor ym. 2016, Hempstead ym. 2018b).

Kortisoli on elimistön stressihormoni, jota tuotetaan lisämunuaisten kuorikerroksessa. Kortisolin erityys lisääntyy eläimen kokiessa kipua tai pelkoa. Tulehdusreaktio kudoksessa nostaa veren kortisolitasoa. Kortisoli saa aikaan verensokerin kohoamisen pääasiassa glukoneogeneesin kautta. Glukoneogeneesin lähtöaineeksi tarvitaan aminohappoja, joita saadaan lihaskudosta hajottamalla. Kortisoli hajottaa elimistön rasvakudosta, mikä saa aikaan veren rasvahappopitoisuuden kohoamisen. Kortisolilla on kudoksia kataboloiva vaikutus ja pitkällä aikavälillä kortisoli myös hidastaa kasvua (Goff 2015).

Nupoutus nostaa vuohilla kortisolipitoisuutta veressä. Kuumapoltoilla nupoutettujen kilien veren kortisolitasot ovat olleet jopa yli 350 prosenttia korkeammat heti nupoutuksen jälkeen

kuin ennen nupoutusta (Alvarez ym. 2009). Suurimmassa osassa tutkimuksia vuohien veren kortisolitasot ovat pysyneet koholla 2–3 tunnin ajan kuumapolttonupouutuksesta (Alvarez ym. 2009, Alvarez ja Gutierrez 2010) ja pisimillään kortisolipitoisuudet veressä ovat olleet koholla viiden tunnin ajan nupoutuksesta (Nfor ym. 2016). Kaikkien nupoutusmenetelmien on todettu nostavan veren kortisolipitoisuuksia ainakin tunnin ajaksi toimenpiteestä (Hempstead ym. 2018b). Eri menetelmillä kortisolitasoissa on havaittu eroja. Syövyttävä tahna aiheuttaa suurimman kortisolipitoisuuden veressä verrattuna muihin nupoutusmenetelmiin ja syövyttävällä tahnalla veren kortisolipitoisuus pysyy myös pidempään koholla kuin muita menetelmiä käytettäessä. Kylmäpoltto nostaa kortisolipitoisuutta veriplasmassa enemmän kuin kuumapoltto tai neilikkaöljy, mutta vähemmän kuin emäksinen tahna. Neilikkaöljy ja kuumapoltto aiheuttavat samankaltaisen veren kortisolivasteen (Hempstead ym. 2018b).

Haptoglobiini on akuutin faasin proteiini, jota tuotetaan elimistössä tulehdusreaktion aikana. Neilikkaöljyllä nupoutetuilla kileillä veren haptoglobiinipitoisuus on koholla vuorokauden kuluttua nupoutuksesta. Muilla nupoutusmenetelmillä kuin neilikkaöljyllä ei ole havaittu veren haptoglobiinin kohoamista (Hempstead ym. 2018b). Nupoutus aiheuttaa sympaattisen hermoston aktivoitumisen, mikä johtaa esimerkiksi kohonneeseen sydämen sykkeeseen ja verenpaineeseen (kirjassa Sjaastad ym. 2003). Kuumapoltoalla nupoutetuilla kileillä sydämen syke pysyy koholla kolmen tuntia toimenpiteen jälkeen (Nfor ym. 2016). Muiden nupoutusmenetelmien kuin kuumapolton vaikutusta vuohien sydämen sykkeeseen ei ole tutkittu. Kaikilla nupoutusmenetelmillä kilin sarvenaiheiden ihon lämpötila nousee nupoutuksen jälkeen ja sarvenaiheiden ihon lämpötila on koholla vuorokauden kuluttua nupoutuksesta (Hempstead ym. 2018b). Korkea ihon lämpötila voi kertoa kudolvauriosta tai tulehdusreaktiosta kudoksessa (kirjassa Attila ym. 2003). Syövyttävä tahna nostaa sarvenaiheiden ihon lämpötilaa enemmän kuin muut nupoutusmenetelmät ja ihon lämpötila pysyy koholla kolmen vuorokauden ajan nupoutuksesta. Kuuma- tai kylmäpolttoa käytettäessä ihon lämpötila laskee välissä, mutta nousee uudestaan kolmantena vuorokautena. Neilikkaöljyä käytettäessä ihon lämpötila alkaa laskea vuorokauden jälkeen nupoutuksesta ja lämpötila on laskenut normaaliksi kolmen vuorokauden kuluttua (Hempstead ym. 2018b).

Fysiologisiin muutoksiin perustuvan arvioinnin perusteella kuumapolttoa ja neilikkaöljyä voidaan pitää yhtä kivuliaina menetelminä. Kyseiset nupoutusmenetelmät aiheuttavat samankaltaisen kortisolivasteen, mutta kuumapoltossa sarvenaiheiden ihon lämpötila pysyy kohonneena pidempään kuin neilikkaöljyä käytettäessä (Hempstead ym. 2018b). Neilikkaöljyä käytettäessä on havaittu veren haptoglobiinipitoisuuden kohoaminen, mikä voi tarkoittaa, että neilikkaöljy pystyy aiheuttamaan tulehdusta vuorokauden ajan nupouttamisesta. Tulehdukseen liittyy yleensä ihon kohonnut lämpötila, mutta neilikkaöljyllä nupoutettujen kilien sarvenaiheiden lämpötila ei eroa muilla menetelmillä nupoutetuista (Hempstead ym. 2018b). Syövyttävällä tahnalla tai kylmäpoltolla nupoutettujen vuohien korkeat veren kortisolitasot viittaavat siihen, että kyseiset menetelmät saattavat aiheuttaa enemmän kipua kuin neilikkaöljy tai kuumapoltto. Syövyttävällä tahnalla myös ihon lämpötila on korkeampi kuin muita menetelmiä käytettäessä (Hempstead ym. 2018b).

6.3 Käyttäytymismuutokset nupoutuksessa

Nupoutuksen aiheuttamien käyttäytymismuutosten arvioinnin kannalta on tärkeää ymmärtää vuohen normaalia käyttäytymistä. Vuohet ovat aktiivisia eläimiä, jotka liikkuvat ja kiipeilevät etsiessään ravintoa (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Kilit leikkivät normaalisti keskenään erilaisia leikkejä kehittääkseen motorisia kykyjään sekä luonnossa tarvittavia selviytymistaitoja (Théoret-Gosselin ym. 2015). Lepo ja uni ovat tärkeitä nuoren yksilön kasvulle ja terveydelle. Vasikoiden makuuajalla ja kasvulla on yhteys toisiinsa, sillä vasikoiden pitkä makuu aika on yhteydessä parempaan kasvuun (Hänninen ym. 2005). Kipu heikentää unen laatua, koska kivusta kärsivän eläimen syvän unen osuus vähenee ja unesta tulee pinnallista ja rauhatonta (Leys ym. 2013). Vuohet eivät normaalisti ääntelee ilman syytä, yleensä vuohi ääntelee silloin, kun jokin on vialla. Kun vuohi kokee kipua, ääntelyn voimakkuus kasvaa usein suhteessa koettuun kipuun (kirjassa Harwood ja Mueller 2018).

Kipu muuttaa eläimen käyttäytymistä (Hempstead ym. 2017). Kivusta kärsivän eläimen normaalina pidetty käyttäytyminen vähenee (katsauksessa Anil ym. 2002). Kipuun liittyvät käyttäytymismuutokset vaihtelevat eläinlajien ja yksilöiden välillä. Akuutin kivun epäspesifisiä

merkkejä vuohilla ovat ääntely, hampaiden narskuttelu, nopea ja pinnallinen hengitys, asennon vaihtaminen ja jalalla polkeminen. Kivusta kärsivien maidontuotannossa olevien vuohien maidontuotanto voi vähentyä ja kuntoluokka voi alentua (katsauksessa Underwood 2002). Kivun merkkien tunnistaminen voi olla eläimillä joskus haastavaa, mutta erityisen haastavaa on määrittää kivun aste (katsauksessa Anil ym. 2002).

Kuumapolttonupoutuksen aikana kilit potkivat, kamppailevat, heiluttavat häntää ja ääntelevät voimakkaasti, eli ne yrittävät paeta kivuliasta toimenpidettä (Alvarez ja Gutierrez 2010, Alvarez ym. 2014). Nupoutuksen jälkeen kilit raapivat, hierovat ja heiluttavat päätään useammin ja pidempiä ajanjaksoja kerralla kuin nupouttamattomat. Nupoutuskohdan viereisen kudoksen vaurioituminen muuttaa alueen verenkiertoa, mikä aiheuttaa alueella turvotusta ja tulehdusta. Päätään raapimalla kili saattaa yrittää lievittää sarvenaiheen ja sitä ympäröivän ihon ärsytystä ja kipua (Hempstead ym. 2017). Nupoutetuilla kileillä esiintyy myös muita käyttäytymismuutoksia, esimerkiksi kilien kehonhoito vähenee (Hempstead ym. 2018c). Tämä saattaa kertoa siitä, että kilin huomion kiinnittyessä pään alueen kipuun, sen normaali käyttäytyminen vähenee (Hempstead ym. 2017). Nupoutus vähentää kilien syömiseen käyttämää aikaa, mutta nupoutuksen ei ole todettu vaikuttavan kilien painonkehitykseen (Hempstead ym. 2018c). Nupoutus voi aiheuttaa vuohilla käyttäytymismuutoksia vuorokauden ajan kuumapolttonupoutuksesta (Hempstead ym. 2018c, Saini ym. 2013).

Eri nupoutusmenetelmiä käytettäessä on havaittu ero vuohien käyttäytymismuutosten voimakkuudessa. Syövyttävää tahnaa käytettäessä kilit raapivat ja ravistelevat päätä huomattavasti useammin ja pidempiä ajanjaksoja kuin muita nupoutusmenetelmiä käytettäessä. Syövyttävällä tahnalla nupoutettujen kilien kehonhoito vähenee ja kilit syövät harvemmin ja lyhyempiä ajanjaksoja kerralla verrattuna muihin nupoutusmenetelmiin. Kylmäpoltolla nupoutetut kilit raapivat ja heiluttavat päätä useammin ja pidempiä ajanjaksoja kuin kuumapoltolla nupoutetut. Syövyttävällä tahnalla nupoutetut hankaavat päätään voimakkaasti 40 minuutin ajan tahnan annostelun jälkeen. Sen jälkeen pään hankaaminen kileillä vähenee, mutta on edelleen muihin menetelmiin verrattuna voimakkaampaa. Kylmäpolttoa käytettäessä kilien pään raapiminen on voimakkainta 10 minuutin kuluttua

nupoutuksesta. Sen jälkeen pään raapiminen kileillä vähenee, mutta lisääntyy uudestaan 55 minuutin kuluttua nupoutuksesta. Neilikkaöljyä tai kuumapolttoa käytettäessä nupoutetut kilit hankaavat ja ravistelevat päätään useammin kuin nupouttamattomat kilit, mutta vähemmän kuin syövyttävällä tahnalla tai kylmäpoltolla nupoutetut (Hempstead ym. 2018c).

Nupoutusmenetelmistä neilikkaöljy on ainoa menetelmä, jonka ei ole todettu vaikuttavan kilien kokonaismakuuaikoihin. Nupoutusmenetelmistä kuumapoltto ja syövyttävä tahna pidentävät kilien kokonaismakuuaikoja verrattuna nupouttamattomiin. Kylmäpoltolla tai neilikkaöljyllä nupoutetut kilit makoilevat useammin, mutta lyhyempiä ajanjaksoja kerralla kuin nupouttamattomat. Kylmäpoltolla nupoutetuilla kileillä kokonaismakuuaika lyhenee verrattuna nupouttamattomiin, mutta neilikkaöljyllä nupoutetuilla kileillä kokonaismakuuaika ei merkittävästi eroa nupouttamattomista kileistä. Kilien kokonaismakuuaikojen muutokset voivat kertoa kivusta. Nupoutetut kilit saattavat yrittää vähentää päähän kohdistuvaa kipua olemalla paikallaan. Toisaalta nupoutetut kilit saattavat olla kivun takia rauhattomampia ja nukkuvat lyhyempiä ajanjaksoja kerralla (Hempstead ym. 2018c).

Käyttäytymismuutoksiin perustuvassa kivun arvioinnissa syövyttävä tahna ja kylmäpoltto aiheuttavat enemmän nupoutuksen jälkeistä kipua kuin muut menetelmät. Syövyttävällä tahnalla tai kylmäpoltolla nupoutetuilla kileillä on todettu enemmän ja useammin kipuun viittaavia muutoksia käyttäytymisessä. Kylmäpolton tai syövyttävän tahnan aiheuttama akuutti kipu jatkuu ainakin tunnin ajan nupoutuksesta ja kipu saattaa voimistua ajan myötä (Hempstead ym. 2018c). Eri nupoutusmenetelmien aiheuttamia käyttäytymiseen ja fysiologiaan liittyviä muutoksia on vertailtu Taulukossa 1.

Taulukko 1. Yhteenveto eri nupoutusmenetelmien aiheuttamista fysiologisista ja käyttäytymiseen liittyvistä muutoksista kileillä nupoutuksen jälkeen. ↑: kohoaa vähän, ↑↑: kohoaa kohtalaisesti, ↑↑↑: kohoaa paljon, ↓: vähenee hieman, ↓↓: vähenee kohtalaisesti ja -: ei vaikutusta.

		<i>Kuumapoltto</i>	<i>Kylmäpoltto</i>	<i>Syövyttävä tahna</i>	<i>Neilikkaöljy</i>
<i>Fysiologiset muutokset</i>					
	<i>Kortisoli</i> ¹	↑	↑↑	↑↑↑	↑
	<i>Haptoglobiini</i> ²	-	-	-	↑↑
	<i>Syke</i> ³	↑↑	ei tietoa	ei tietoa	ei tietoa
	<i>Lämpötila</i> ⁴	↑	↑	↑↑	↑
<i>Käyttäytymisen muutokset</i>					
	<i>Pään ravistelu</i> ⁵	↑	↑↑	↑↑↑	↑
	<i>Kehonhoito</i> ⁶	-	-	↓	-
	<i>Syöminen</i> ⁷	↓	↓	↓↓	↓
	<i>Makuuaika</i> ⁸	↑	↓	↑	-

¹: veren kortisolipitoisuus, ²: veren haptoglobiinipitoisuus, ³: sydämen syke,

⁴: sarvenaiheen ihon lämpötila, ⁵: pään ravistelun ja raapimisen frekvenssi ja kesto, ⁶:

vartalon ravistelu ja turkin nuoleminen, ⁷: syömiseen käytetty aika, ⁸: kokonaismakuuaika.

7 KOMPLIKAATIOT

7.1 Kallon vaurioituminen

Nuorilla kileillä otsaluu on ohut ja otsaontelot eivät ole kunnolla kehittyneet. Vuohien nupouttamisessa ei saa käyttää liikaa voimaa, eikä sarvenaihetta saa polttaa liian kauan, sillä kallo voi muuten vaurioitua. Riski kallon vaurioitumiseen nupoutuksessa kasvaa, jos kolvi ei ole nupouttamishetkellä tarpeeksi kuuma. Tällöin kolvi ei läpäise ihon pintaa nopeasti ja alla olevat kudokset alkavat lämmetä. Matalatehoisen nupoutuskolvin käyttäminen lisää kallon vaurioitumisen riskiä, koska kokonaispolttoaika on silloin pitkä (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Kuumapoltto tai syövyttävä tahna voivat aiheuttaa kallon vaurioitumista (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Kuuma lämpötila voi aiheuttaa välittömän aivovaurion. Aivokalvon suurten verisuonten vaurioituminen voi johtaa aivoinfarktiin. Patologisessa tutkimuksessa kileillä on havaittu paikallisia kuolioituneita alueita otsalohkossa nupoutuskohdan alapuolella. Vaurioitunut kallo toimii bakteerien infektioporttina aivoihin ja bakteerit voivat aiheuttaa aivojen ja aivokalvon tulehduksen (Thompson ym. 2005). Bakteritulehdus aivoissa voi aiheuttaa aivopaiseen. Jos nupoutuksen jälkeisinä päivinä kilillä esiintyy reagoimattomuutta tai alakuloisuutta, se voi olla merkki aivovauriosta. Vuohi voi selvitä aivovauriosta intensiivisellä antibioottihoidolla. Aivokalvontulehdus johtaa todennäköisesti hoitamattomana kuolemaan ja antibioottihoidosta huolimatta kilien selviytymisprosentti on pieni. Aivokalvontulehduksen mahdollisia oireita ovat kuume, alakuloisuus, epätasapaino ja raajojen halvaantuminen. Neurologiset oireet useiden viikkojen jälkeen nupoutuksesta voivat olla merkki aivopaiseesta (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Useissa eri tutkimuksissa kuumapolton on todettu vaurioittavan kilien kalloja (Thompson ym. 2005, Allen ym. 2013, Hempstead ym. 2018c). Tutkimuksissa jopa 8 % kileistä on kuollut nupoutuksen aiheuttamaan meningoencefaliittiin tai aivovaurioon (Thompson ym. 2005).

Kuttukileillä on todettu suhteessa useammin kallon vaurioitumista nupoutuksessa kuin pukeilla. On mahdollista, että kuttujen kallo on heikompi ja vaurioituu nupoutettaessa helpommin kuin pukeilla. Pukeilla on yleensä isommat ja vahvemmat sarvet kuin kutuilla ja pukkien sarvien liittymiskohta kalloon on myös yleensä leveämpi kuin kutuilla (kirjassa Smith ja Sherman 2009, Hempstead ym. 2018d). Jos nupouttaja on kokematon tai jos nupoutuksessa käytetään vääränlaista tekniikkaa, esimerkiksi jos kolvilla poltetaan liian kauan tai liiallista voimaa käyttäen, riski kallon vaurioitumiseen voi kasvaa. Hereillä ja ilman kipulääkitystä nupoutetuilla kileillä yli 14 %:lla on todettu kallon vaurioitumista, vaikka nupouttaja on ollut kokenut ammattilainen. Näiden tulosten valossa on tärkeää, että kuumapolttonupoutuksen saa tehdä vain toimenpiteen osaava henkilö, jotta riski kallon ja aivojen vaurioitumiseen nupoutuksessa vähenee (Hempstead ym. 2018d).

7.2 Sarven kasvun jatkuminen

Sarven kasvu voi jatkua nupoutuksen jälkeen, jos sarvenaiheen iho on tuhottu epätäydellisesti. Sarvenaiheet ovat vanhemmilla kileillä leveämmät ja kehittyneemmät kuin nuoremmilla kileillä. Nupoutuskolvin kärki ei vanhemmilla kileillä välttämättä ulotu polttamaan koko sarvenaiheen ihoa. Vuohet pitää nupouttaa tarpeeksi nuorina, jotta riski sarven kasvun jatkumiselle pienenee. Tämä on huomioitava erityisesti pukeilla, joilla on leveämmät sarvenaiheet kuin kutuilla. Sarven kasvun jatkuessa voi muodostua ohuet ja epämuodostuneet sarvet tai leveät ja tylpät sarvet. Sarven kasvun jatkuminen havaitaan yleensä ensimmäisen kerran silloin, kun nupoutusvammat ovat parantuneet. Epämuodostuneet sarvet voivat murtua helposti tai epämuodostuneet sarvet voivat kasvaa kohti päätä, jolloin ne voivat alkaa painaa kalloa tai silmää. Jos sarvet tuntuvat lämpimiltä, niissä on todennäköisesti verenkiertoa, jolloin sarvien poisto voi vaatia kirurgiaa. Jos osittain kasvaneet sarvet ovat ohuet ja tuntuvat kylmiltä, niitä voidaan lyhentää saksilla tai sahalla (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Kylmäpolttoa, syövyttävää tahnaa tai neilikkaöljyä käytettäessä sarven kasvu jatkuu todennäköisemmin kuin kuumapolttoa käytettäessä (Hempstead ym. 2018b, Hempstead ym.

2018e). Jos poltettua sarvenaihetta ei irroteta, suurelle osalla vuohista muodostuu osittain kasvaneet sarvet. Kuumapolttoa käytettäessä muodostuneet sarvet ovat koostumukseltaan pehmeämmät kuin neilikkaöljyä käytettäessä. Kuumapolttoa käytettäessä sarvet ovat koostumukseltaan sidekudosta, kun neilikkaöljyä käytettäessä sarvet ovat keratinisoitunutta epiteelikudosta (Hempstead ym. 2018e).

Neilikkaöljyn tehokkuudesta sarven kasvun estymiseen on saatu ristiriitaisia tuloksia (Molaei ym. 2015, Hempstead ym. 2018e, Farajli ym. 2018). Neilikkaöljy on aiheuttanut joko osittaista sarven kasvua (Hempstead ym. 2018e) tai se on estänyt sarven kasvun kokonaan (Molaei ym. 2015). Eri ikäisten kilien sarvien kasvun estymisessä on havaittu ero (Farajli ym. 2018). Alle viikon ikäisenä neilikkaöljyllä nupoutetuilla kileillä sarven kasvu estyi täysin, kun 12 päivän ikäisenä nupoutetuilla kileillä sarven kasvu jatkui normaalina. Tutkimusaineistojen pienet koot, käytetyn neilikkaöljyn koostumus ja neilikkaöljyn injeksiokohta voivat vaikuttaa tulosten eroavaisuuteen (Molaei ym. 2015, Hempstead ym. 2018e, Farajli ym. 2018). Tutkimukset on tehty hereillä nupoutetuille kileille joko ilman kipulääkitystä tai kipulääkityksenä on käytetty puudutusta ja tulehduskipulääkettä (Hempstead ym. 2018b, Hempstead ym. 2018e).

8 KIVUN HOITO NUPOUTUKSESSA

Eläinten nukuttaminen tehdään usein yhdistelmäanestesiolla. Eri lääkeaineita yhdistelemällä on tavoitteena saavuttaa eläimen tiedottomuus, kivuttomuus ja lihasrentous siten, että elimistön normaali toiminta häiriintyy mahdollisimman vähän. Useat eri rauhoitus- ja nukutusaineet samanaikaisesti annettuna kumuloivat toistensa vaikutuksia. Rauhoitus helpottaa eläimen käsittelyä, vähentää toimenpiteestä aiheutuvaa pelkoa ja estää pakenemisreaktion (kirjassa Attila ym. 2003).

Rauhoitus- ja nukutusaineet lamaavat uni- ja valvetilan säätelystä vastaavaa järjestelmää aivoissa. Järjestelmän lamautuminen aiheuttaa aivokuoren reagoimattomuuden ympäristön ärsykeille anestesian aikana. Stressi ja pelko aiheuttavat sentraalisen noradrenergisen ja dopaminergisen hermojärjestelmän aktivoitumisen. Tämä johtaa hermojärjestelmän välittäjäaineiden, eli noradrenaliinin ja dopamiinin, erityksen lisääntymiseen. Välittäjäaineiden kohonnut pitoisuus veressä ja sentraalinen aktivaatio häiritsevät rauhoitteiden ja nukutusaineiden vaikutusta ja tästä syystä hermostunut eläin rauhoittuu huonosti verrattuna rauhalliseen eläimeen (kirjassa Attila ym. 2003).

Kudosvaurion aiheuttama toimenpiteen jälkeinen kipu voi johtaa ääreishermoston ja keskushermoston herkistymiseen kivulle. Kivun hoidossa saadaan paras vaste aikaan, kun lääkitys aloitetaan ennen kipuärsykkeen syntyä ja yhdistellään eri lääkeaineita. Kirurgisissa toimenpiteissä kivunhoito on suositeltavaa aloittaa ennen toimenpidettä ja jatkaa kivunlievitystä ainakin kolmen päivän ajan toimenpiteestä. Vuohien kivun tunnistaminen ei ole aina helppoa, jonka takia voimakkaan kipuoireilun puuttuminen ei tarkoita, etteikö eläin kokisi kipua ja tarvitsisi kipulääkitystä (katsauksessa Galatos 2011).

8.1 Rauhoitusaineet

8.1.1 α_2 -agonistit

α_2 -agonistit ovat rauhoitusaineita, jotka vaikuttavat keskushermoston adrenergisiin α_2 -reseptoreihin. Ksylatsiini on yleisin α_2 -agonisti, jota käytetään vuohien anestesiassa (kirjassa Attila ym. 2003). Muita vähemmän käytettyjä α_2 -agonisteja ovat detomidiini, medetomidiini, romifidiini ja dexmedetomidiini (kirjassa Attila ym. 2003, kirjassa Matthews 2016). α_2 -agonisteilla on rauhoittava, lihaksia rentouttava ja lyhytaikaisesti kipua lievittävä vaikutus. Rauhoittava vaikutus perustuu hermosolujen välittäjäaineena toimivan noradrenaliinin vapautumisen estämiseen. Keskushermostoperäisen kipua lievittävän vaikutuksen on ajateltu johtuvan lähinnä rauhoituksesta ja rauhoituksen aiheuttamasta kivun kokemisen muokkaamisesta. Lihaksia rentouttava vaikutus perustuu keskushermostoperäiseen mekanismiin, jonka takia α_2 -agonistit ovat hyvä esilääkitys ketamiinianestesiassa (Attila ym. 2003).

α_2 -agonisteilla on heikentävä vaikutus verenkierto- ja hengityselimistön toimintaan (kirjassa Matthews 2016). Ne aiheuttavat aluksi verisuonten supistumisen, joka johtaa ohimenevään verenpaineen nousuun. Verenpaineen nousuun elimistö reagoi hidastamalla sydämen sykettä, mistä voi seurata liian matala syke eli bradykardia. Kohonnut verenpaine laskee anestesian aikana. Verenpaine voi laskea liian alas eli voi seurata hypotensio. Sydämen lyöntitiheys pysyy alhaisena, kunnes lääkkeen vaikutus lakkaa. Hengitysfrekvenssi yleensä laskee α_2 -agonistin annostelun jälkeen, josta voi seurata hengityslama. Hapen pitoisuus veressä vähenee ja hiilidioksidin pitoisuus kohoaa lääkkeen vaikutuksesta. Puhaltumisen ehkäisemiseksi on suositeltu paastotettavan vuohia 12–24 tuntia ennen anestesiaa, mutta alle kuukauden ikäisiä kilejä saa paastottaa korkeintaan 2–4 tunnin ajan (kirjassa Attila ym. 2003).

Märehtijät ovat ksylatsiinille huomattavasti herkempiä kuin muut lajit (kirjassa Attila ym. 2003). Vuohet ovat herkempiä ksylatsiinille kuin lampaat (Riebold 2015). Suurin osa kilien

anestesiakuolemista liittyy ksylatsiinin yliannostukseen. Kilit tarvitsevat hyvin pienen määrän ksylatsiinia, jonka vuoksi tarkka annostelu on vaikeaa. Ksylatsiini on suositeltavaa laimentaa fysiologiseen suolaliuokseen annostelun helpottamiseksi. α_2 -agonisteja voidaan annostella lihaksen- tai suonensisäisesti. Lihaksensisäisesti annosteltuna tarvitaan suurempia annoksia ja vaikutus alkaa viiveellä. Kileille turvallinen annos ksylatsiinia on 0,025 mg/kg lihaksensisäisesti annosteltuna (kirjassa Matthews 2016). Turvallista annosta huomattavasti suuremmilla pitoisuuksilla ksylatsiinin on todettu lievittävän kipua tehokkaammin. Ksylatsiinin suuriin annoksiin liittyy riski pitkittyneeseen toipumiseen anestesian jälkeen (Wagmann ym. 2018).

Ksylatsiinin vaikutus alkaa noin kymmenessä minuutissa ja vaikutuksen kesto on annosriippuvainen. Vaikutus kestää noin 30–90 minuuttia (kirjassa Attila ym. 2003). Rauhoittava vaikutus kestää ksylatsiinilla pidempään kuin kipua lievittävä vaikutus. Ksylatsiinin tai muun α_2 -agonistin vaikutuksen kumoaminen voidaan hätätapauksessa tehdä atipametsolilla (kirjassa Matthews 2016). Myös muita rauhoitteita kuin α_2 -agonisteja voidaan käyttää vuohien anestesiassa. Tällaisia ovat esimerkiksi diatsepaami, asepromatsiini ja midatsolaami (kirjassa Attila ym. 2003). Dexmedetomidinin annos kileille on 0,1 mg/kg lihaksensisäisesti annosteltuna (Nfor ym. 2016). Detomidinin annos on 10–30 ug/kg, romifidiinin 50 ug/kg ja medetomidinin 15–40 ug/kg (kirjassa Attila ym. 2003).

α_2 -agonistit lievittävät nupoutuksen aiheuttamaa akuuttia kipua. Dexmedetomidini vähentää merkittävästi veren kortisolipitoisuuden nousua ja nupoutuksen aikaista kipukäyttäytymistä. Ksylatsiinin on todettu vähentävän nupoutuskipua, mutta ksylatsiinilla rauhoitetuilla kileillä esiintyy nupoutuksen aikana ääntelyä ja muuta kipukäyttäytymistä (kirjassa Smith ja Sherman 2009, Wagmann ym. 2018). Ksylatsiinin kipua lievittävä vaikutus on lyhytaikainen (kirjassa Matthews 2016, eikä se ole riittävä nupoutuskivun hoitoon (Wagmann ym. 2018).

8.1.2 Opioidit

Elimistössä on sisäsyntyisiä opioideja, joiden reseptoreihin elimistön ulkopuolella tuotetut opioidit voivat sitoutua. Opioidireseptoreita on olemassa eri tyyppisiä ja niillä on erilaisia

vaikutuksia keskushermostossa. Elimistön ulkopuoliset opioidit ovat euforisoivia analgeetteja eli ne lamaavat kipua tehokkaasti. Opioidit vaikuttavat keskushermoston kipuratoihin estämällä kipusignaalin kulun sentraalisesti. Opioideilla on myös joissakin tapauksissa rauhoittava vaikutus. Opioidit voivat olla reseptorinaktivoijia tai -salpaajia tai ne voivat vaikuttaa eri mekanismilla kahteen eri reseptoriin. Reseptorinaktivoija voi aiheuttaa joko täysin tai osittain saman vasteen kuin elimistön oma opioidipeptidi. Osittainen reseptorinaktivoija ei lievitä kipua yhtä tehokkaasti kuin täydellisesti reseptoriin sitoutuva molekyyli, mutta osittaisella aktivoijalla on vähemmän toksisia vaikutuksia. Opioidit aiheuttavat hengitystiheyden laskua, koska ne vaikuttavat lamaavasti aivojen hengityskeskukseen (kirjassa Attila ym. 2003). Hengityksen lamaantuminen ei ole yleensä vuohilla ongelma, mikäli vältetään opioidien suuria pitoisuuksia (katsauksessa Galatos 2011).

Butorfanoli on märehitijöillä eniten käytetty opioidi (kirjassa Lin ym. 2002). Butorfanoli on osittainen reseptorinaktivoija eli sillä on estävä vaikutus μ -reseptoriin ja aktivoiva vaikutus κ -reseptoriin (kirjassa Attila ym. 2003). Butorfanolin annos kileille on 0,1–0,2 mg/kg suonensisäisesti, nahanalaisesti tai lihaksensisäisesti annosteltuna. Analgesian vaikutus kestää noin 2–3 tuntia (kirjassa Matthews 2016). Butorfanoli annetaan tyypillisesti yhdessä α_2 -agonistin kanssa, jolloin saavutetaan hyvä rauhoittuminen, esimerkiksi pientä kirurgista toimenpidettä varten (kirjassa Lin ym. 2002). Opioidi ilman muuta lääkitystä aiheuttaa yleensä kevyen rauhoittumisen, mutta pienillä märehitijöillä se saattaa johtaa keskushermoston kiihotustilaan (kirjassa Attila ym. 2003). Butorfanolia voidaan käyttää myös toimenpiteen jälkeiseen kivunlievitykseen (kirjassa Lin ym. 2002). Opioidit ovat tehokkaita kivunlievittäjiä, jotka vähentävät erityisesti sisäelimiin liittyvää kipua (katsauksessa Galatos 2011). Butorfanolia on suositeltu käytettäväksi nupoutuksen jälkeiseen kivun lievittämiseen nuorilla kileillä (kirjassa Matthews 2016).

8.2 Yhdistelmäänestesia ketamiinilla ja α_2 -agonistilla

Ketamiini on dissosiativinen anesteetti. Tämä tarkoittaa, että ketamiini vaikuttaa keskushermoston assosiaatoratoihin ja siten estää tiedon siirtymisen aivojen pohjalta aivojen

kuorikerrokseen (kirjassa Attila ym. 2003). Ketamiinin vaikutusmekanismi perustuu glutamaatin NMDA-reseptorin salpaamiseen. Sitoutumalla reseptoriin ketamiini saa aikaan glutamaatin eksitatoristen vaikutusten estymisen. Ketamiini aiheuttaa hyvän kivun lievityksen, mutta huonon lihasrelaksaation. Refleksit nielussa ja kurkunpäässä säilyvät anestesian ajan. Ketamiini ei vaikuta heikentävästi verenkierto- tai hengityselimistön toimintaan niin kuin useat muut anesteetit (kirjassa Lin ja Walz 2014). Ketamiini stimuloi sydämen ja verenkiertoelimistön toimintaa, jonka takia se voi kompensoida α_2 -agonistien heikentäviä vaikutuksia. Ketamiinia voidaan antaa lihaksen- tai suonensisäisesti. Ketamiinin käyttöä ei suositella ilman muita anesteetteja, koska se voi aiheuttaa eläimen kiihtymisen (kirjassa Attila ym. 2003).

Ketamiinin ja α_2 -agonistin yhdistelmää on käytetty pienmärehitijöiden anestesiassa (katsauksessa Galatos 2011). α_2 -agonistit parantavat lihasrelaksaatiota ja syventävät analgesiaa. Rauhoitusaineet pidentävät myös ketamiinin vaikutusta. Ketamiinin annos riippuu α_2 -agonistin annoksesta. Kileillä on käytetty 2,5–5 mg/kg annoksella ketamiinia (kirjassa Matthews 2016). Anestesian vaikutus kestää noin 30–50 minuuttia (kirjassa Attila ym. 2003). Ketamiinin ja α_2 -agonistin yhdistelmäänestesiassa vuohilla saattaa esiintyä hengityslamaa ja hidasta heräämistä (katsauksessa Galatos 2011).

Sveitsin viranomaisten suositus kilien anestesiaprotokollaksi nupoutuksessa on 0,05 mg/kg ksylatsiinia ja 20 mg/kg ketamiinia lihaksensisäisesti annosteltuna. Tämä anestesiaprotokolla on osoittautunut riittämättömäksi lievittämään akuuttia nupoutuskipua, sillä osa kileistä on reagoanut nupoutukseen. Kileillä on esiintynyt 10 kertaa todennäköisemmin kipukäyttäytymistä nupoutuksen aikana kuin käytettäessä 1,84 mg/kg annoksella ksylatsiinia (Wagmann ym. 2018). Näin suurta annosta ksylatsiinia ei voida kuitenkaan pitää turvallisena, koska suuri annos ksylatsiinia voi aiheuttaa hengityksen lamaantumista (kirjassa Attila ym. 2003) ja anestesian jälkeinen toipuminen voi olla hidasta (Wagmann ym. 2018). Annostelemalla 0,22 mg/kg ksylatsiinia ja 8,8 mg/kg ketamiinia lihaksensisäisesti on raportoitu lievittävän nupoutuskipua (Ingvast-Larsson ym. 2011), mutta ksylatsiinin turvallisena pidetty raja ylittyy tässäkin tapauksessa (kirjassa Attila ym. 2003).

8.3 Puudutusaineet

Vuohilla voidaan käyttää johtopuudutusta sarvenaiheen hermotuksen lamaamiseen. Vuohien sarvea hermottaa *Nervus lacrimalis* ja *Nervus infratrochlearis* -hermojen sarvenpuoleiset haarat (kirjassa Matthews ym. 2016). *Nervus lacrimalis* kulkee pään sivulla ohimoluun myötäisesti supraorbitaalifossan takana. *Nervus infratrochlearis* kulkee silmäkuopan reunaa pitkin ennen kuin se haarautuu kornuaaliseksi ja frontaaliseksi haaraksi. Molemmat hermot täytyy puuduttaa. *Nervus lacrimaliksen* puudutusta varten tunnustellaan sormin silmän ulkonurkan viereinen *processus supraorbitaliksen* reuna ja neula asetetaan takareunan kohdalle nahan alle kohti sarvenaihetta. Oikea puudutuskohta on sarvenaiheen ja silmäkulman puolivälissä. *Nervus infratrochleariksen* puudutus tehdään silmäkuopan yläpuolisen luuharjanteen päälle ja neula asetetaan nahanalaisesti kohti sarvenaihetta (kirjassa Attila ym. 2003). Puudutuskohdat on havainnollistettu Kuvassa 2.



Kuva 2. Sarvenaiheen puudutuskohdat. 1: *nervus lacrimalis* ja 2: *nervus infratrochlearis*.

Kuva: Melinda Miikkulainen ja Essi Korhonen.

Puudutteet halvaannuttavat väliaikaisesti hermosäikeitä ja -päätteitä. Puudutteet estävät hermoimpulssin kulun elimistön ääreisosista kohti keskushermostoa, jolloin kipu- ja tuntoaistimuksen synty estyy (kirjassa Attila ym. 2003). Puudutustekniikoita on useita, joista esimerkkejä ovat infiltraatio-, johto- ja epiduraalipuudutus. Johtopuudutuksessa lamataan yksittäisiä hermoja annostelemalla puudutetta lähelle hermorunkoa (kirjassa Matthews 2016). Puudutteiden vaikutusmekanismit perustuvat erilaisten ionikanavien salpaamiseen. Tärkeä vaikutusmekanismi on natriumkanavien sulkua, jolloin natriumionien virtaus solun sisään loppuu ja hermon depolarisaatiokynnys kasvaa, mikä johtaa hermoimpulssin kulun estymiseen. Prokaiinihydrokloridi stabiloi solukalvoja, jolloin hermosolujen kalvojen läpäisevyys heikkenee. Läpäisevyyden heikentyessä aktiopotentiaalin muodostuminen estyy ja signaalin kulku päättyy (kirjassa Attila ym. 2003).

Puudutteet ovat joko amidi- tai esterirakenteisia. Puudutteet ovat kudoksessa ionisoituneessa muodossa. Kudosten pH:lla on vaikutusta puudutusaineiden tehoon, sillä puudutteet pystyvät kulkeutumaan vain ionisoitumattomana solukalvojen sisään. Puudutteet tehoavat huonosti tulehtuneella alueella, sillä märkäerite laskee kudoksen pH:ta, jolloin puudute muuttuu ionisoituneeseen muotoon ja lääke ei pääse kulkeutumaan paikalle. Ruokaviraston vuonna 2019 päivittämän tuotantoeläimille hyväksytyt lääkevalmisteet -listan mukaan tuotantoeläimille on ensisijaisesti käytettävä puudutusaineena prokaiinihydrokloridia. Lidokaiinia saa käyttää vain erityistapauksissa, eli silloin kun prokaiinihydrokloridin käyttö on vasta-aiheista (Ruokavirasto 2019). Prokaiinihydrokloridi on esterirakenteinen lyhytvaikutteinen puudute. Procamidor 20 mg/ml injektionesteen pakkausselosteen mukaan puudutuksen vaikutus kestää korkeintaan 30–60 minuuttia. Lidokaiini on kaksi kertaa pitkävaikutteisempaa kuin prokaiini. Prokaiinihydrokloridi jakautuu huonommin kudoksessa kuin lidokaiini (kirjassa Attila ym. 2003). Tämän takia prokaiinihydrokloridi pitää ruiskuttaa tarkasti oikeaan kohtaan, jotta haluttu vaikutus saavutetaan (kirjassa Harwood ja Mueller 2018).

Vastasyntyneet vuohet ovat herkkiä lidokaiinille ja prokaiinille. Turvamarginaali analgeettisen ja toksisen annoksen välillä on pieni. Lääkkeet kannattaa laimentaa fysiologiseen

suolaliuokseen, esimerkiksi tilavuussuhteessa 1:1, helpottamaan tarkkaa annostelua (kirjassa Matthews 2016). Lidokaiinin tai prokaiinin yliannostus aiheuttaa keskushermostoperäisiä oireita, kuten kouristelua, uneliaisuutta, ruokahaluttomuutta ja voi aiheuttaa jopa kuoleman (kirjassa Matthews 2016, Venkatachalam ym. 2018). Toksinen annos lidokaiinille ja prokaiinille on noin 10 mg/kg (kirjassa Matthews 2016). Kun lidokaiinia on annosteltu kileille suonensisäisesti 7 mg/kg, se ei ole aiheuttanut kileillä merkkejä toksisuudesta. Kun 1 %:sta lidokaiinipuudutetta on annosteltu 0,5 ml:aa molempiin sarvenaiheisiin, sarvenalueen hermotus on puutunut kileillä tehokkaasti ja turvallisesti (Venkatachalam ym. 2018). Kileillä on käytetty 5–6 mg/kg annoksella prokaiinihydrokloria sarvenaiheen hermotuksen lamaamiseen (kirjassa Matthews 2016).

Puudutus ei ole ilman muuta lääkitystä riittävä kivunlievitysmenetelmä nupoutuksessa. Lidokaiinipuudutus ei vähennä kileillä nupoutuksen aiheuttamaa veren kortisolipitoisuuden nousua (Alvarez ym. 2014). Puudutuksen tehokkuudesta akuutin nupoutuskivun lievittämiseen vuohilla on saatu ristiriitaisia tuloksia. Osassa tutkimuksista lidokaiinin on todettu vähentävän nupoutuksen aikaista kipukäyttäytymistä (Saini ym. 2013, Venkatachalam ym. 2018), mutta aiheesta on saatu myös päinvastaisia tuloksia (Alvarez ym. 2009, Alvarez ym. 2014). Puudutuksen aiheuttama kivunlievitys vuohilla on lyhytaikainen, joten se ei riitä lievittämään nupoutuksen jälkeistä kipua (Venkatachalam ym. 2018).

8.4 Inhalaatioanestetit

Tuotantoeläinten anestesia on tehty perinteisesti injektoitavilla anesteeteilla. Inhalaatioanestesia on nuorille ja pienikokoisille eläimille injektioanestesiaan verrattuna turvallisempi vaihtoehto. Inhalaatioanestesian suurimpia etuja injektioanestesiaan verrattuna ovat anestesian syvyyden helppo säätely ja nopea toipuminen anestesiasta. Inhalaatioanesteetin antaminen pienille eläimille voidaan tehdä inhalaatiomaskilla (katsauksessa Galatos 2011). Anestesian syvyyttä voidaan säätää helposti muuttamalla anesteetin pitoisuutta hengityskaasussa. Inhalaatioanestetit poistuvat elimistöstä pääasiassa uloshengityksen mukana, joten herääminen tapahtuu yleensä nopeasti (kirjassa Attila ym.

2003). Tuotantoeläinten anestesiaan vaikuttavat usein taloudelliset syyt. Inhalaatioanestesia tarvitsee erillisen laitteiston ja sen hankkiminen tilalle ei välttämättä ole taloudellisesti kannattavaa. Yksi inhalaatioanestesian haitoista on anesteetin mahdollinen leviäminen huoneilmaan, jolloin ihmiset voivat altistua anesteetille (katsauksessa Galatos 2011).

Halotaani sekä iso- ja sevofluraani ovat tuotantoeläimillä käytettyjä inhalaatioanesteetteja. Ne vaikuttavat verenkierto- ja hengityselimistön toimintaan lamaavasti. Halotaanilla on iso- ja sevofluraania enemmän haitallisia vaikutuksia sydämen toimintaan. Isofluraani on väritöntä ja syttymätöntä nestettä, jolla on pistävä haju (kirjassa Attila ym. 2003). Inhalaatioanesteeteista ainakin isofluraania on käytetty kilien anestesiassa hyvällä menestyksellä. Kileillä on käytetty anestesian induktiossa noin 2–5 %:sta hengityskaasuseoksen isofluraanipitoisuutta ja anestesian ylläpitovaiheessa noin 0,25–5 %:sta hengityskaasuseoksen isofluraanipitoisuutta (kirjassa Matthews 2016). Isofluraani hillitsee merkittävästi kortisolipitoisuuden nousua veressä kahden tunnin ajaksi nupoutuksesta. Isofluraanilla nukutetuilla kileillä esiintyy huomattavasti vähemmän käyttäytymismuutoksia nupoutuksen aikana kuin lääkitsemättömillä kileillä. Isofluraani ei vähennä nupoutuksen jälkeistä kipua, sillä nupoutuksen jälkeisen vuorokauden aikana inhalaatioanestesiassa nupoutetut kilit raapivat päätä yhtä paljon kuin nukuttamattomat (Hempstead ym. 2018a).

8.5 Tulehduskipulääkkeet

Tulehdusalueella fagosyytit vapauttavat tulehduksen välittäjäaineina toimivia sytokiineja, jotka kulkeutuvat verenkierron mukana hypotalamukseen. Tämä saa aikaan tapahtumaketjun, jossa fosfolipaasi-A2 aktivoituu ja arakidonihappo vapautuu (kirjassa Attila ym. 2003). Syklo-oksigenaasientsyymien eli COX-entsyymien vaikutuksesta arakidonihaposta syntetisoidaan prostanoideja (kirjassa Lin ja Walz 2014). Prostanoideihin luetaan kuuluvaksi eräät prostaglandiinit, tromboksaanit sekä prostasykliinit. Prostanoideilla on tärkeä merkitys tulehdusreaktion synnyssä. Prostanoidit ja leukotrieenit aiheuttavat pääasiassa tulehduksen oireet, jotka ovat turvotus, kuumotus, punoitus ja kipu. Muita tulehdusreaktioon osallistuvia välittäjäaineita ovat muun muassa histamiini, kiniinit ja serotoniini. Välittäjäaineilla on

toisiaan tehostavia vaikutuksia. Verenkierron muutokset, muun muassa verisuonten läpimitan kasvaminen ja verenvirtauksen lisääntyminen, saavat aikaan tulehdusalueella kuumotusta ja punoitusta. Verisuonten läpäisevyyden kasvu aiheuttaa turvotusta alueelle. Kudoksen kipua välittävien hermopäätteiden aktivoituminen eli hyperalgesia tuottaa kipua. Kipua aiheuttaa myös turvotuksesta johtuva kudosten venyminen ja paine (kirjassa Attila ym. 2003).

COX-entsyymistä on olemassa kaksi eri muotoa, COX-1 ja COX-2. COX-1 on rakenteellinen entsyymi, jota tuotetaan elimistössä koko ajan vähäisiä määriä. COX-2 on entsyymi, jota tuotetaan kudoksen vaurioalueella ja COX-2:n tuotanto saa aikaan tulehdusreaktion voimistumisen. Tulehduskipulääkkeet estävät tulehduksen välittäjäaineiden eli prostanoidien synteesiä vaikuttamalla COX-entsyymien tuotantoon. Tulehduskipulääkkeiden COX-1/COX-2-selektiivisyys vaihtelee (kirjassa Lin ja Walz 2014). COX-2-entsyymin tuotannon esto on tulehduskipulääkkeiden toivottu vaikutus. COX-1-entsyymin estyminen ei ole toivottua, koska entsyymiä tarvitaan normaaleissa fysiologisissa toiminnoissa. Vaikutukset COX-1-entsyymin tuotantoon liittyvät tulehduskipulääkkeiden haittavaikutuksiin (kirjassa Attila ym. 2003).

Tulehduskipulääkkeillä on antipyreettinen, eli kuumetta alentava, anti-inflammatorinen, eli tulehduksen oireita poistava, sekä analgeettinen vaikutus. Vaikutukset johtuvat pääasiassa perifeerisestä prostanoidien tuotannon estosta, mutta myös keskushermostoperäisellä estolla on merkitystä analgeettisen vaikutuksen synnyssä (kirjassa Attila ym. 2003). Kipulääkitys tehoaa paremmin, kun se annetaan ennen kivun syntyä (katsauksessa Anderson ja Muir 2005) Tuotantoeläimille tulehduskipulääke voidaan annostella suonensisäisesti, nahanalaisesti tai suun kautta. Kileillä on käytetty meloksikaamia nahanalaisesti annoksella 0,5 mg/kg ja suun kautta annoksella 0,2 mg/kg (Hempstead ym. 2018a). Tulehduskipulääkkeet ovat kudoksia ärsyttäviä, jonka vuoksi niitä ei saa antaa lihaksensisäisesti (Attila ym. 2003). Tulehduskipulääkitys on käytännöllinen kivunlievitysmenetelmä tilalla, koska tulehduskipulääkkeet ovat edullisia ja tilallinen voi antaa itse lääkkeen (Hempstead ym. 2018a). Injektiona annetun meloksikaamin puoliintumisaika aikuisilla vuohilla on noin 11 tuntia ja suun kautta annetun meloksikaamin puoliintumisaika on noin 12 tuntia. Kolmelle kilille injektiona annetun meloksikaamin puoliintumisaajan keskiarvo on ollut noin 14,5 tuntia,

joten kileillä meloksikaamin vaikutusaika saattaa olla pidempi kuin aikuisilla vuohilla. Kilien meloksikaamin farmakokinetiikasta tarvittaisiin lisää tutkimuksia (Ingvast-Larsson ym. 2011). Injektiona annettavan meloksikaamin vaikutus aikuisilla vuohilla kestää noin 36 tuntia ja suun kautta annettavan meloksikaamin noin 24 tuntia (kirjassa Matthews 2016).

Tulehduskipulääkkeillä on ruoansulatuskanavaa ärsyttävä vaikutus, joka voi ilmetä oksenteluna ja ripulointina. Tulehduskipulääkkeet voivat aiheuttaa haavauman mahalaukun tai suun limakalvolle (kirjassa Attila ym. 2003). Vuohet pääsääntöisesti sietävät hyvin tulehduskipulääkkeitä ja vuohille tulee vain harvoin ruoansulatuskanavaoireita (kirjassa Matthews 2016). Lääkeaineen COX-2/COX-1-selektiivisyys vaikuttaa lääkkeen ruoansulatuskanavan ärsyttävyyteen. Lääkeaineet, jotka ovat COX-2-spesifejä, eli inhiboivat tehokkaasti COX-2:n tuotantoa, aiheuttavat vähemmän ruoansulatuskanavaärsytystä. Tällaisia lääkkeitä ovat esimerkiksi meloksikaami ja karprofeeni. Tulehduskipulääkkeet vaikuttavat munuaisten toimintaan. Tulehduskipulääkkeet heikentävät munuaisten verenkiertoa, mistä voi seurata munuaisvaurio. COX-2-entsyymillä on tärkeä vaikutus munuaisen nefronien normaaliin kehitykseen. Tulehduskipulääkitys varhaisessa iässä voi aiheuttaa pysyvän munuaisvaurion (kirjassa Attila ym. 2003). Tulehduskipulääkkeiden käyttöä vastasyntyneille kileille ei suositella (kirjassa Matthews 2016).

Tulehduskipulääkitys on riittämätön lievittämään nupoutukseen liittyvää akuuttia kipua, sillä se ei hillitse nupoutuksen aiheuttamaa kortisolipitoisuuden nousua veressä eikä vähennä nupoutuksen aikaista kipukäyttäytymistä (Hempstead ym. 2018a). Tulehduskipulääkkeen käyttö on kuitenkin suositeltavaa nupoutuksen yhteydessä, koska tulehduskipulääke vähentää nupoutuksen jälkeistä kipua. Nupoutuksen jälkeinen kipukäyttäytyminen vähenee kileillä, jotka ovat saaneet tulehduskipulääkettä (Ingvast-Larsson ym. 2011, Saini ym. 2013). Tulehduskipulääkityillä kileillä sydämen syke laskee nopeammin lähtötasolle (Nfor ym. 2016) ja kilit nukkuvat enemmän verrattuna lääkitsemättömiin kileihin nupoutuksen jälkeen (Saini ym. 2013).

Meloksikaamilla lääkittyjen kilien kipukäyttäytyminen on ollut vähäisempää kahden tunnin kuluttua ja vuorokauden päästä nupoutuksesta verrattuna lääkitsemättömiin kileihin (Hempstead ym. 2018a, Ingvast-Larsson ym. 2011). Suun kautta meloksikaamia saaneilla kileillä on esiintynyt vähemmän nupoutuksen jälkeistä kipukäyttäytymistä verrattuna injeksiolla lääkittyihin kileihin. Tämä voi tarkoittaa, että suun kautta annettu meloksikaami vähentää nupoutuksen jälkeistä kipua tehokkaammin kuin nahanalaisesti annettu lääke (Hempstead ym. 2018a). Aiheesta tarvittaisiin lisää tutkimustietoa.

8.6 Yhdistelmäkipulääkitys

Useita kilejä nupoutettaessa kerralla on kannattavaa tehdä rauhoitusaineseos ketamiinista, ksylatsiinista ja butorfanolista. Kirjallisuudessa kuvaillun ohjeen mukaan rauhoitusaineseos valmistetaan yhdistämällä 1000 mg ketamiinia, 20 mg ksylatsiinia ja 10 mg butorfanolia. Käytännössä seos valmistetaan yhdistämällä 10 ml 100 mg/ml vahvuista ketamiinia, 1 ml 20 mg/ml vahvuista ksylatsiinia ja 1 ml 10 mg/ml vahvuista butorfanolia tyhjiin ketamiinipulloon. Seosta annostellaan kileille suonensisäisesti 0,02 ml/kg. Lääkitys aiheuttaa kileille kirurgisen anestesian, jonka vaikutus kestää noin 30 minuuttia (kirjassa Matthews 2016).

Helsingin yliopiston tuotantoeläinsairaalalla käytetään rauhoiteaineseoksena 500 mg ketamiinia, 20 mg ksylatsiinia ja 10 mg butorfanolia. Seos valmistetaan yhdistämällä 10 ml 50 mg/ml vahvuista ketamiinia, 1 ml 20 mg/ml vahvuista ksylatsiinia ja 1 ml 10 mg/ml vahvuista butorfanolia. Seosta annostellaan kileille 0,05 ml/kg lihaksensisäisesti. Kun kili on nukahtanut, annostellaan paikallispuudute. Puudutuksessa käytetään 20 mg/ml vahvuista prokaiinihydrokloridia, joka laimennetaan fysiologiseen suolaliuokseen 1:1 tilavuuteen, jolloin puudutteen vahvuus on 10 mg/ml. Puudutetta annostellaan kileille nahanalaisesti painon mukaan; 2 kg:n painoiselle kileille annetaan 0,6 ml/kg ja sitä painavammille kileille 0,5 ml/kg. Puudute annostellaan neljään eri kohtaan. Puudutuskohdat on havainnollistettu kappaleessa 8.4. Tulehduskipulääkkeenä käytetään 5 mg/kg vahvuista meloksikaamia, jota annostellaan 1 mg/kg nahanalaisesti. Edellä mainitulla menetelmällä rauhoitetut ja käsitellyt kilit vaikuttavat

nukkuvan syvää unta 30–60 minuutin ajan, eivätkä pääsääntöisesti reagoi mitenkään kuumalla kolvilla nupouttamiseen käytännön kokemuksen perusteella (Mustonen, henkilökohtainen tiedonanto). Aiheesta ei ole julkaistu tutkimuksia. Taulukossa 2 on koottu yhteen nupoutuksessa käytetyt lääkkeet ja niiden tehokkuus kivun lievittämiseen vuohilla.

Tuotantoeläinten lääkitsemisessä pitää huomioida lääkkeiden aiheuttamat varoajat. Vuohille ei ole olemassa Suomessa rekisteröityjä rauhoitusaineita, kipulääkkeitä tai puudutteita, mutta vuohilla voidaan käyttää kaskadisäännösten mukaan muille tuotantoeläimille hyväksyttyjä lääkkeitä. Maa- ja metsätalousministeriön asetuksessa numero 17/14 lääkkeiden käytöstä ja luovutuksesta eläinlääkinnässä lukee: ”jos lääkevalmisteen myyntiluvassa ei ole varoaikaa kyseiselle tai sitä läheisesti muistuttavalle eläinlajille, nisäkkäiden lihan varoaika on 28 vuorokautta”. Naudat lasketaan vuohia läheisesti muistuttavaksi lajiksi. Ksylatsiinivalmisteen Nerfasin 20 mg/ml injektionesteen varoaika vuohenlihalle on 1 vuorokausi. Hevosille rekisteröidyssä Ketaminol 50 mg/ml injektionesteessä varoaika vuohenlihalle on 28 vuorokautta. Naudoille hyväksytyssä vahvemmassa ketamiinivalmisteessa Ketador 100 mg/ml injektionesteessä varoaika vuohenlihalle on 0 vuorokautta. Tulehduskipulääke Metacam 5 mg/ml injektionesteen varoaika vuohenlihalle on 15 vuorokautta. Procamidol 20 mg/ml puudutteella tai Torpudol 10 mg/ml butorfanoli-injektionesteellä varoaika vuohille on 0 vuorokautta. Jos nupouttamisessa käytetään injektiovalmisteiden sijaan hevosille hyväksyttyjä isofluraanivalmisteita, esimerkiksi IsoFlo inhalaationestettä, varoaika vuohenlihalle on 28 vuorokautta. Pieneläinten lääkevalmisteita, joita ei ole hyväksytty tuotantoeläimille, ei saa käyttää tuotantoeläinten lääkitsemisessä (MMM 17/14, Ruokavirasto 2019).

Taulukko 2. Yhteenveto nupoutuksessa käytettävistä lääkkeistä ja niiden tehokkuudesta lievittämään akuuttia nupoutuskipua vuohilla. im: lihaksensisäisesti, iv: suonensisäisesti, sc: nahanalaisesti, po: suun kautta.

<i>Lääkeaine</i>	<i>Vaikutusmekanismi</i>	<i>Vaikutustapa</i>	<i>Vaikutusaika</i>	<i>Tehokkuus</i>	<i>Annos</i>	<i>Antoreitti</i>
ksylatsiini	sentraalinen; adrenergiset α_2 -reseptorit	sedaatio, analgesia, lihasrelaksaatio	30-90 min	kohtalainen	0,025 ¹ mg/kg	im, iv
<i>butorfanoli</i>	sentraalinen; opioidi-reseptorit	analgesia, sedaatio	2 h	ei tietoa	0,1-0,2 ² mg/kg	im, iv, sc
ketamiini	sentraalinen; glutamaatti-reseptorit	sedaatio, analgesia	30-50 min	kohtalainen	2,5-5 ³ mg/kg ³	im, iv
<i>prokaiini-hydrokloridi</i>	perifeerinen; Na ⁺ -kanavien salpaus	analgesia	30-60 min	heikko/kohtalainen	5-6 ⁴ mg/kg	sc
<i>meloksikaami</i>	perifeerinen; COX - entsyymien esto	anti-inflamm., analgesia, antipyreesi	24-36 h	heikko	0,5 ⁶ mg/kg 0,2 ⁷ mg/kg	iv, sc po
<i>isofluraani</i>	sentraalinen	sedaatio, analgesia, lihasrelaksaatio	lyhyt	hyvä	0,5-5 ⁵ %	po

¹⁻⁵: kirjassa Matthews 2016, ⁶⁻⁷: Hempstead ym. 2018a.

9 VAIHTOEHDOT NUPOUTUKSELLE

9.1 Luonnon nupous

Nupoutukseen liittyvät hyvinvointiongelmien voidaan välttää, jos luonnostaan nupojen vuohirotujen systemaattinen jalostus valtaroduksi aloitetaan. Maidontuotannossa yleisesti käytetyillä eurooppalaisilla vuohiroduilla, esimerkiksi saanen, alpine ja toggenburg -vuohilla nupouden aiheuttava geeni on liitetty vakaviin lisääntymishäiriöihin. Edellä mainituilla vuohiroduilla sarvellisuuden aiheuttaa resessiivinen eli väistynä geeni, joten sarvellinen vuohi on aina homotsygootti eli samanperintäinen. Nupous on dominoiva geeni ja se on linkitetty hedelmättömyyttä aiheuttavaan resessiiviseen geeniin. Tällaiset kutut ovat kaksineuvoisia ja lisääntymiskyvyttömiä. Homotsygooteilla pukeillakin lisääntymiskyky saattaa olla heikentynyt huonontuneen sperman laadun takia. Edellä mainitut ongelmat voidaan välttää jalostuksessa, jos toisena vuohena käytetään aina sarvellista yksilöä. Näin voidaan varmistaa, ettei nupouden takia synny lisääntymiskyvyttömiä homotsygootteja vuohia. Uros voi olla homo- tai heterotsygootti, mutta naaraan täytyy olla heterotsygootti, jotta se on hedelmällinen. Nupoutettu vuohi voidaan erottaa luonnonnuposta vuohesta sarvenaiheiden päällä olevan karvan perusteella. Nupoutetulla vuohella sarvenaiheiden päällä on karvassa pyörre, jota luonnonnupolla ei ole (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

9.2 Sarven sahaus

Sarvien sahaus aikuiselta vuohelta on vaihtoehto nupoutukselle. Sarven poisto vuohelta on vaikeampi toimenpide kuin naudan sarven sahaus anatomisista eroista johtuen (Hartnack ym. 2018). Sarvet voidaan poistaa kokonaan tai niitä voidaan lyhentää (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Sarvien sahaamiseen liittyy useita riskejä. Sarvien poistossa haavojen paraneminen kestää kauan ja haavat tulehtuvat helpommin kuin nupoutusvammat (Hartnack ym. 2018). Sarvien lyhentämiseen liittyy vähemmän riskejä kuin sarvien poistoon. 6–8 viikon ikäiseltä ja sitä vanhemmalta kililtä on järkevintä poistaa sarvet sahaamalla. Sahaus kannattaa tehdä

mahdollisimman varhaisessa iässä, koska syntyvät haavat ovat silloin pienemmät ja vuohelle aiheutuu vähemmän stressiä, kuin jos sahaus tehdään aikuisena. Sarvien sahaamista pitää välttää maidontuotannossa tai tiineyden loppupuolella olevilla vuohilla. Sahaus on suositeltavaa tehdä yleisanestesiassa, koska toimenpide aiheuttaa voimakasta stressiä (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Aikuisen vuohen nukuttamiseen liittyy puhaltumisen ja aspiraation riski, joka pitää huomioida anestesian aikana (kirjassa Attila ym. 2003). Jos yleisanestesia ei ole mahdollinen, sarvien poisto rauhoituksessa ja puudutuksessa on vaihtoehto (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Sarvien poistossa iho sarven ympäriltä viilletään ja sarvet sahataan tyvestä läheltä kalloa. Sarvien poisto on yleensä hyvin verinen toimenpide. Sarvesta on syytä pitää takaa kiinni, samalla kun sarvea sahataan edestä, jottei kallo vaurioidu. Sarvien poiston jälkeen haavat voidaan sulkea ompelemalla tai otsaontelot voidaan jättää avoimiksi (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Haavat parantuvat nopeammin ja jälkihoitoa ei tarvita yhtä paljon, mikäli haavat suljetaan (Hartnack ym. 2018). Jos otsaontelot jätetään avoimiksi, komplikaatiot ovat todennäköisempiä. Etenkin kesäaikaan otsaontelot voivat tulehtua ja onteloihin saattaa pesiä karpäsentoukkia (kirjassa Smith ja Sherman 2009). Suurin osa sahauksen jälkeisistä komplikaatioista ovat olleet lieviä ja ne eivät ole vaikuttaneet heikentävästi vuohen hyvinvointiin, kun haavat on ommeltu (Hartnack ym. 2018).

Ihon sulku onnistuu vuohilta, joiden sarven halkaisija on riittävän pieni. Isosarvisella vuohella haavan sulku ei välttämättä onnistu. Jos haavat suljetaan, on suositeltavaa suojata ne siteellä 10–14 vuorokauden ajaksi tikkien poistoon asti. Jos haavat jätetään avoimiksi, riippuu tapauksesta, kannattaako haavat suojata siteellä. Jos otsaonteloihin voi päästä likaa tai verenvuoto ei lopu, haavojen ympärille pitää kääriä side. Haavat parantuvat usein hyvin ilman sidettä. Otsaonteloiden suojana on käytetty mehiläisvahaa. Tulehduksen merkkejä ei välttämättä huomata, jos haavat peitetään sitein. Side pitää poistaa viimeistään haavan parantumisen loppuvaiheessa, sillä rupi ei pysty muuten muodostumaan. Haavat tulehtuvat helposti etenkin kesäisin, jonka vuoksi sahaus kannattaa tehdä talviaikaan (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

10 POHDINTA

Suurin osa vuohien eri nupoutusmenetelmiä vertailevista tutkimuksista on tehty kileille ilman anestesiaa tai kipulääkitystä (Hempstead ym. 2018b, Hempstead ym. 2018c). Hereillä kilit liikkuvat voimakkaasti nupoutuksen aikana (Alvarez ja Gutierrez 2010) ja se voi vaikuttaa nupoutuksen onnistumiseen ja aiheuttaa lisävauriota. Ilman kipulääkitystä tehtyjä nupoutustapavertailuja ei voi suoraan soveltaa käytettäväksi Suomessa, mutta ne antavat tietoa eri nupoutusmenetelmien vaikutuksista vuohien hyvinvointiin. Suurimmassa osassa vuohien nupoutuskipua määrittävistä tutkimuksista tutkimusaineistojen koot ovat olleet pieniä. Pienet tutkimusaineistot saattavat vääristää tuloksia. Kivun hoitoa muilla nupoutusmenetelmillä kuin kuumapoltolla ei ole tutkittu vuohilla.

Suomessa vuohien nupouttaminen ei ole sallittua, mutta tilanne todennäköisesti muuttuu tulevaisuudessa uuden eläinten hyvinvointilain myötä. Lakiesityksen mukaan eläinlääkäreiden lisäksi myös muut pätevät henkilöt saavat nupouttaa vuohia ja vuohien nupoutuksessa on käytettävä kivunlievitystä (HE 154/2018 15–16 §). Jos tulevaisuudessa eläinlääkäreiden lisäksi myös muut henkilöt saavat nupouttaa vuohia, on tärkeää huomioida, että kilien kallon vaurioitumisen riski voi kasvaa kokemattoman henkilön nupouttaessa. Myös kokeneiden ammattilaisten tekeminä kallon vaurioitumista on esiintynyt hereillä ja ilman kipulääkitystä nupoutetuilla kileillä (Hempstead ym. 2018d).

Emäksinen tahna ja kylmäpoltto aiheuttavat eniten nupoutuksen jälkeisiä fysiologisia ja käyttäytymiseen liittyviä muutoksia. Tulokset viittaavat siihen, että kyseiset menetelmät aiheuttavat enemmän nupoutuksen jälkeistä kipua kuumapolttoon tai neilikkaöljyyn verrattuna. Emäksistä tahnaa eikä kylmäpolttoa voida pitää hyväksyttynä nupoutusmenetelminä vuohien hyvinvoinnin kannalta (Hempstead ym. 2018b, Hempstead ym. 2018c). Suomessa syövyttävällä tahnalla tai neilikkaöljyllä nupouttamista ei saa tehdä, mutta nestetypellä jäädyttäminen on toistaiseksi sallittua (VNa 592/2010, 16 §), mutta käytännössä eläinlääkärit eivät sitä tee (Mustonen, henkilökohtainen tiedonanto).

Neilikkaöljy aiheuttaa samankaltaisia käyttäytymiseen ja fysiologiaan liittyviä muutoksia kuin kuumapoltto. Neilikkaöljyä ja kuumapolttoa voidaankin pitää yhtä kivuliaina nupoutusmenetelminä (Hempstead ym. 2018b, Hempstead ym. 2018c). Kuumapolttonupoutus on vaikea toimenpide ja siihen liittyy riskejä. Kallon vaurioituminen on todellinen riski kuumapoltolla nupouttaessa, jonka vuoksi kuumapolttonupoutukselle olisi hyvä löytää vuohien hyvinvoinnin kannalta parempi vaihtoehto. Neilikkaöljyä käytettäessä syntyvät nupoutusvammat ovat pienemmät ja vammat paranevat neilikkaöljyllä nopeammin kuumapolttoon verrattuna (Hempstead ym. 2018b). Neilikkaöljy ei aiheuta myöskään kallon vaurioitumista eikä riskiä aivokalvontulehdukseen kuten kuumapoltto (Thompson ym. 2005, Farajli ym. 2018).

Neilikkaöljyn vaikutuksesta sarvenaiheen ihon kosketusherkkyyteen ei ole julkaistu tutkimuksia. Muilla nupoutusmenetelmillä kuin neilikkaöljyllä kilien nupoutusvammat ovat herkistyneet kosketukselle (Hempstead ym. 2018d). Neilikkaöljyn kipua lievittävän ominaisuuden on ajateltu vähentävän nupoutukseen liittyvää kipua, mutta neilikkaöljyn annosta analgeettisen vaikutuksen saavuttamiseksi vuohilla ei tiedetä. Neilikkaöljyä käytettäessä kileillä on havaittu veren haptoglobiinipitoisuuden kohoaminen vuorokausi nupoutuksen jälkeen, mikä voi viitata neilikkaöljyn kykyyn aiheuttaa kudosaarsytystä (Hempstead ym. 2018b). Nupoutusvammojen kosketusherkkyydestä, neilikkaöljyn anesteettisesta vaikutuksesta ja haptoglobiinin merkityksestä vuohilla tarvittaisiin lisää tutkimusta. Neilikkaöljy voi olla tulevaisuudessa varteenotettava vaihtoehto kuumapoltolla nupouttamiseen, kunhan edellä mainitut asiat selvitetään ja neilikkaöljyn tehokkuus sarven kasvun estämiseksi varmistetaan.

Kivutonta menetelmää nupouttamiseen ei ole olemassa, jonka vuoksi nupouttamisen tarpeellisuus pitää aina arvioida tilannekohtaisesti ja miettiä nupouttamiselle vaihtoehtoja. Jos luonnonnupoja vuohirotuja käytettäisiin yleisesti maidontuotannossa, voitaisiin välttää nupouttamiseen liittyvät ongelmat. Jos toisena vuohena jalostuksessa käytetään aina luonnonnupoa ja toisena sarvellista, syntyvällä kilillä ei ole sarvia eikä pelkoa lisääntymiseen liittyviin ongelmiin ole. Sarvellisten vuohien pitäminen on myös vaihtoehto, mutta silloin

vuohilla voi esiintyä usein loukkaantumisia ja puskemisvammoja. Sarven poisto aikuiselta vuohelta ei ole hyvinvoinnin kannalta parempi vaihtoehto kuin nupouttaminen. Päinvastoin, sarven sahaukseen liittyy enemmän riskejä ja sahaus on luultavasti kivuliaampaa kuin nupouttaminen (kirjassa Smith ja Sherman 2009).

Kaikkien nupoutusmenetelmien on todettu muuttavan kilien makuukäyttäytymistä vuorokauden ajan nupoutuksesta, mikä saattaa kertoa nupoutuksen aiheuttamasta kivusta (Hempstead ym. 2018c). Vasikoilla sarvenaiheet ovat herkistyneet kivulle koko nupoutusvamman paranemisen ajan, mikä on kestänyt 9 viikkoa kuumapoltolla nupouttamisesta. Kileillä nupoutusvammojen paranemisen aikaista kipua ei ole tutkittu, mutta voidaan olettaa vamman samanlaisesta syntymekanismista johtuen, että myös kileillä nupoutusvammat ovat vamman paranemisen ajan herkistyneet kivulle. Vastasyntyneinä nupoutettujen vasikoiden on todettu olevan herkempiä kivulle vanhempana verrattuna kuukauden ikäisenä nupoutettuihin vasikoihin, joten vastasyntyneenä nupoutettu eläin saattaa olla kivulle herkistynyt aikuisena (Adcock ja Tucker 2018).

Puudutus yhdistettynä tulehduskipulääkitykseen ei ole riittävä kivunlievitysmenetelmä nupoutuksessa, sillä se ei vähennä kuumapolttonupoutukseen liittyvää akuuttia kipua vuohilla (Alvarez ym. 2009, Hempstead ym. 2018a). Rauhoitus ei ole riittävän tehokas lievittämään nupoutukseen liittyvää kipua, sillä lääkityksestä huolimatta kilit reagoivat nupoutukseen ja rauhoitteiden kipua lievittävä vaikutus on lyhytaikainen (kirjassa Attila ym. 2003, kirjassa Smith ja Sherman 2009, Wagmann ym. 2018). Yhdistelmäänestesia, jossa rauhoitusnukutusaineseoksena käytetään ksylatsiinia, butorfanolia ja ketamiinia, puudutuksessa prokaiinihydrokloridia ja tulehduskipulääkkeenä meloksikaamia, on osoittautunut käytännössä tehokkaaksi kivunlievitysmenetelmäksi nupoutuksessa. Käytännön kokemuksen mukaan tällä menetelmällä nukutetut kilit eivät ole reagoineet nupoutukseen millään tavalla (Mustonen, henkilökohtainen tiedonanto), mutta aiheesta ei ole julkaistu tutkimuksia. Yhdistelmäänestesian tehokkuudesta lievittämään nupoutuskipua ja nupoutuksen aiheuttamasta jälkikivusta tarvittaisiin kileillä lisää tutkimusta.

11 LÄHDELUETTELO

Adcock S, Tucker CB. The effect of disbudding age on healing and pain sensitivity in dairy calves. *J Dairy Sci* 2018, 101: 10361-10373.

Allen AL, Goupil BA, Valentine BA. A retrospective study of brain lesions in goats submitted to three veterinary diagnostic laboratories. *J Vet Diagn Invest* 2013, 25: 482-489.

Alvarez L, De Luna JB, Gamboa D, Reyes M, Sánchez A, Terrazas A, Rojas S, Galindo F. Cortisol and pain-related behavior in disbudded goat kids with and without cornual nerve block. *Physiol Behav* 2014, 138: 58-61.

Alvarez L, Gutierrez J. A first description of the physiological and behavioural responses to disbudding in goat kids. *Anim Welf* 2010, 19: 55-59.

Alvarez L, Nava RA, Ramírez A, Ramírez E, Gutiérrez J. Physiological and behavioural alterations in disbudded goat kids with and without local anaesthesia. *Appl Anim Behav Sci* 2009, 117: 190-196.

Anderson D, Muir W. Pain Management in Cattle. *Vet Clin Food Anim* 2005, 21: 623-635.

Anil SS, Anil L, Deen J. Challenges of pain assessment in domestic animals. *J Am Vet Med Assoc* 2002, 220: 313-319.

Attila M, Kuusela E, Raekallio M, Vainio O. *Eläin anestesiologia*. 3. p. Helsingin yliopisto, eläinlääketieteellinen tiedekunta, Helsinki 2003.

Benson A, Dickson WA, Boyce DE. Abc of wound healing: Burns. *Bmj* 2006, 332: 649-652.

Bentson KL, Capitanio JP, Mendoza SP. Cortisol responses to immobilization with Telazol or ketamine in baboons (*Papio cynocephalus/anubis*) and rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *J Med Primatol* 2003, 32: 148-160.

Casoni D, Mirra A, Suter MR, Gutzwiller A, Spadavecchia C. Can disbudding of calves (one versus four weeks of age) induce chronic pain? *Physiol Behav* 2019, 199: 47-55.

Council of Europe 1992. Recommendation concerning goats.

https://www.coe.int/t/e/legal_affairs/legal_co-operation/biological_safety_and_use_of_animals/farming/Rec%20goats%20E.asp, haettu 2.4.2019.

Daniel AN, Sartoretto SM, Schmidt G, Caparroz-Assef SM, Bersani-Amado CA, Cuman R. Anti-inflammatory and antinociceptive activities of eugenol essential oil in experimental animal models. *Rev Bras Farmacogn* 2009, 19: 212-217.

De Souza T, Orlandi M, Coelho L, Malaquias L, Dias A, de Carvalho R, Silva N, Carvalho D. Synthesis and in vitro evaluation of antifungal and cytotoxic activities of eugenol glycosides. *Med Chem Res* 2014, 23: 496-502.

Devi KP, Nisha SA, Sakthivel R, Pandian SK. Eugenol (an essential oil of clove) acts as an antibacterial agent against *Salmonella typhi* by disrupting the cellular membrane. *J Ethnopharmacol* 2010, 130: 107-115.

Eduskunta 2019. Eläinsuojelulain uudistaminen.

https://www.eduskunta.fi/FI/tietoaeduskunnasta/kirjasto/aineistot/kotimainen_oikeus/LATI/Sivut/elainsuojelulain-uudistaminen.aspx, haettu 10.4.2019, päivitetty 19.3.2019.

Farajli AM, Molaei MM, Kheirandish R, Mostafavi A. Chemical disbudding of goat kids with subcutaneous administration of synthetic eugenol: Histopathology and morphometry. *Vet Res Forum* 2018, 9: 225-230.

Farm Animal Welfare Council 1979. Five freedoms.

<https://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20121010012427/http://www.fawc.org.uk/freedoms.htm>, haettu 7.4.2019, päivitetty 16.4.2009.

Fitzgerald M, Beggs S. The neurobiology of pain: developmental aspects. *Neuroscientist* 2001, 7: 246-257.

Fujimoto R, Pereira D, Silva J, de Oliveira L, Inoue L, Hamoy M, de Mello V, Torres M, Barbas L. Clove oil induces anaesthesia and blunts muscle contraction power in three Amazon fish species. *Fish Physiol Biochem* 2018, 44: 245-256.

Galatos AD. Anesthesia and analgesia in sheep and goats. Vet Clin North Am Food Anim Pract 2011, 27: 47-59.

Goff J. The Endocrine system. Teoksessa: Reece W, Erickson H, Goff J, Uemura E (toim.). Dukes' physiology of domestic animals. 13. p. John Wiley & Sons, Incorporated, Yhdysvallat 2015: 635-636.

Greenwood PL, Shutt DA. Effects of management practices on cortisol, B-endorphin and behaviour in young goats. Pros Aust Soc Anim Prod 1990, 18: 224-227.

Guan W, Li S, Yan R, Tang S, Quan C. Comparison of essential oils of clove buds extracted with supercritical carbon dioxide and other three traditional extraction methods. Food Chem 2007, 101: 1558-1564.

Guesgen MJ, Beausoleil NJ, Minot EO, Stewart M, Jones G, Stafford KJ. The effects of age and sex on pain sensitivity in young lambs. Appl Anim Behav Sci 2011, 135: 51-56.

Hall BK. Horns and Ossicones. Teoksessa: Hall BK (toim.) Bones and Cartilage: Developmental and Evolutionary Skeletal Biology. 1. p. Elsevier Science & Technology, Kanada 2005: 52-71.

Hänninen L, de Passillé AM, Rushen J. The effect of flooring type and social grouping on the rest and growth of dairy calves. Appl Anim Behav Sci 2005, 91: 193-204.

Hartnack AK, Jordan ME, Roussel AJ. Complications associated with surgical dehorning in goats: A retrospective study of 239 cases. Vet Surg 2018, 47: 188-192.

Harwood D, Mueller K. Goat medicine and Surgery. 1. p. Chapman and Hall/CRC, Yhdysvallat 2018.

HE 154/2018. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi eläinten hyvinvoinnista ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi.

https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_154+2018.aspx, haettu 12.02.2019

Hempstead MN, Waas JR, Stewart M, Cave VM, Sutherland MA. Behavioural response of dairy goat kids to cautery disbudding. Appl Anim Behav Sci 2017, 194: 42-47.

Hempstead MN, Waas JR, Stewart M, Dowling SK, Cave VM, Lowe GL, Sutherland MA. Effect of isoflurane alone or in combination with meloxicam on the behavior and physiology of goat kids following cautery disbudding. *J Dairy Sci* 2018a, 101: 3193-3204.

Hempstead MN, Waas JR, Stewart M, Cave VM, Sutherland MA. Evaluation of alternatives to cautery disbudding of dairy goat kids using physiological measures of immediate and longer-term pain. *J Dairy Sci* 2018b, 101: 5374-5387.

Hempstead MN, Waas JR, Stewart M, Cave VM, Sutherland MA. Evaluation of alternatives to cautery disbudding of dairy goat kids using behavioural measures of post-treatment pain. *Appl Anim Behav Sci* 2018c, 206: 32-38.

Hempstead MN, Waas JR, Stewart M, Zobel G, Cave VM, Julian AF, Sutherland MA. Pain sensitivity and injury associated with three methods of disbudding goat kids: Cautery, cryosurgical and caustic paste. *The Veterinary Journal* 2018d, 239: 42-47.

Hempstead MN, Waas JR, Stewart M, Cave VM, Turner AR, Sutherland MA. The effectiveness of clove oil and two different cautery disbudding methods on preventing horn growth in dairy goat kids. *PLoS One* 2018e, 13: e0198229. doi: 10.1371/journal.pone.0198229.

IASP 1994. IASP Terminology. <https://www.iasp-pain.org/Education/Content.aspx?ItemNumber=1698>, haettu 14.2.2019.

Ingvast-Larsson C, Högberg M, Mengistu U, Olsén L, Bondesson U, Olsson K. Pharmacokinetics of meloxicam in adult goats and its analgesic effect in disbudded kids. *J Vet Pharmacol Ther* 2011, 34: 64-69.

Jaganathan SK, Supriyanto E. Antiproliferative and Molecular Mechanism of Eugenol-Induced Apoptosis in Cancer Cells. *Molecules* 2012. 17: 6290-6304.

Kim Y, Kim SS, Oh O, Min H, Park E, Park HJ, Nam Han Y, Lee SK. Eugenol suppresses cyclooxygenase-2 expression in lipopolysaccharide-stimulated mouse macrophage RAW264.7 cells. *Life Sci* 2003, 73: 337-348.

Krunic AL, Marini LG. Cryosurgery. Teoksessa: Katsambas AD, Lotti TM, Dessinioti C, D'Erme AM (toim.). *European handbook of dermatological treatments*. 3. p. Springer, Berlin, Heidelberg, 2015: 1139-1149.

- Kurian R, Arulmozhi DK, Veeranjanyulu A, Bodhankar SL. Effect of eugenol on animal models of nociception. *Indian Journal of Pharmacology* 2006, 38: 341-345.
- Leys LJ, Chu KL, Xu J, Pai M, Yang HS, Robb HM, Jarvis MF, Radek RJ, McGaraughty S. Disturbances in slow-wave sleep are induced by models of bilateral inflammation, neuropathic, and postoperative pain, but not osteoarthritic pain in rats. *Pain* 2013, 154: 1092-1102.
- Lin H, Caldwell F, Pugh DG. *Anesthetic Management*. Teoksessa: Pugh DG, Baird AN (toim.). *Sheep and Goat Medicine*. 1. p. W.B. Saunders Company, Yhdysvallat 2002: 517-538.
- Loretz C, Wechsler B, Hauser R, Rüschi P. A comparison of space requirements of horned and hornless goats at the feed barrier and in the lying area. *Appl Anim Behav Sci* 2004, 87: 275-283.
- Markowitz K, Moynihan M, Liu M, Kim S. Biologic properties of eugenol and zinc oxide-eugenol: A clinically oriented review. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology* 1992, 73: 729-737.
- Matthews J. *Diseases of the goat*. 4. p. Wiley-Blackwell, Yhdysvallat 2016.
- MMM 17/14. Maa- ja metsätalousministeriön asetus lääkkeiden käytöstä ja luovutuksesta eläinlääkinnässä. Luvut 2-4.
https://mmm.fi/documents/1410837/1817140/Laakkeiden_luovutus_.pdf/a7ff23f1-83f0-4a3e-9bf5-51babbfc837a, haettu 16.3.2019.
- MMM 396/1996. Maa- ja metsätalousministeriön eläinsuojeluasetus.
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19960396>, haettu 16.3.2019.
- Molaei MM, Mostafavi A, Kheirandish R, Azari O, Shaddel M. Study of disbudding goat kids following injection of clove oil essence in horn bud region. *Vet Res Forum* 2015, 6: 17-22.
- Molony V, Kent JE. Assessment of acute pain in farm animals using behavioral and physiological measurements. *J Anim Sci* 1997, 75: 266.
- Nfor ON, Chan J, Kere M, Peh H. Disbudding pain: The benefits of disbudding goat kids with dexmedetomidine hydrochloride. *Small Rumin Res* 2016, 139: 60-66.

- Ohkubo T, Shibata M. The selective capsaicin antagonist capsazepine abolishes the antinociceptive action of eugenol and guaiacol. *J Dent Res* 1997, 76: 848.
- Palao R, Monge I, Ruiz M, Barret JP. Chemical burns: Pathophysiology and treatment. *Burns* 2009, 36: 295-304.
- Papp A. Dermal Wound Healing and Burn Wounds. Teoksessa: Larjava H (toim.). *Oral Wound Healing: Cell Biology and Clinical Management*. 1. p. Wiley, West Sussex, UK 2012: 333-345.
- Pearson BL, Judge PG, Reeder DM. Effectiveness of saliva collection and enzyme-immunoassay for the quantification of cortisol in socially housed baboons. *Am J Primatol* 2008, 70: 1145-1151.
- Plummer PJ, Schleining JA. Assessment and Management of Pain in Small Ruminants and Camelids. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2013, 29: 185-208.
- Prashar A, Locke IC, Evans CS. Cytotoxicity of clove (*Syzygium aromaticum*) oil and its major components to human skin cells. *Cell Proliferation* 2006, 39: 241-248.
- Reese S, Budras K, Mülling C, Bragulla H, Köning HE. Common integument. Teoksessa: *Veterinary anatomy of domestic mammals*. 4. p. Schattauer GmbH, Saksa 2009: 657-659.
- Riebold TW. Ruminants. Teoksessa: Grimm KA, Lamont LA, Tranquilli WJ (toim.) *Veterinary anesthesia and analgesia*. 5. p. John Wiley & Sons, Incorporated, Yhdysvallat 2015: 912-924.
- Ross MH, Pawlina W. *Histology: a text and atlas with correlated cell and molecular biology*. 7. p. Wolters Kluwer Health, Yhdysvallat 2016.
- Ruokavirasto 2019. Tuotantoeläimille hyväksytyt lääkevalmisteet.
https://www.ruokavirasto.fi/globalassets/viljelijat/elaintenpito/elainten-laakitseminen/hallittu_laakekekaytto/laakeluettelot/tuotantoelaimet_valm2.pdf, haettu 2.4.2019.
- Saini AL, Malik DS, Mohindroo J. Effect of local anaesthetics and non-steroidal analgesics on maintenance behaviour of hot- iron disbudded beetal kids under stall- fed conditions. *Indian J Anim Res* 2013, 47: 407-411.

Saloniemi H, Kortnesniemi P, Kilpeläinen S, Laxaback J, Kupsala S, Niemi J, Vainio O, Aho M, ym. Pöytäkirja tuotantoeläinten hyvinvoinnin neuvottelukunnan kokouksesta 5/2011. haettu 26.03.2019.

Shupp JW, Nasabzadeh TJ, Rosenthal DS, Jordan MH, Fidler P, Jeng JC. A review of the local pathophysiologic bases of burn wound progression. *J Burn Care Res* 2010. 31: 849-873.

Singh S, Young A, McNaught C. The physiology of wound healing. *Surgery* 2017, 35: 473-477.

Sjaastad ØV, Hove K, Sand O. Physiology of domestic animals. 1. p. Scandinavian Veterinary Press, Norja 2003.

Smith MC, Sherman DM. Goat medicine. 2. p. Wiley-Blackwell, Yhdysvallat 2009.

Stock ML, Baldridge SL, Griffin D, Coetzee JF. Bovine Dehorning. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2013, 29: 103-133.

Stull C, Reynolds J. Calf Welfare. *Vet Clin North Am Food Anim Pract* 2008, 24: 191-203.

Théoret-Gosselin R, Hamel S, Côté SD. The role of maternal behavior and offspring development in the survival of mountain goat kids. *Oecologia* 2015, 178: 175-186.

The Welfare Quality Network 2008. <http://www.welfarequality.net/en-us/home/>, haettu 30.3.2019.

Thompson KG, Bateman RS, Morris PJ. Cerebral infarction and meningoencephalitis following hot-iron disbudding of goat kids. *N Z Vet J* 2005, 53: 368-370.

Underwood WJ. Pain and distress in agricultural animals. *J Am Vet Med Assoc* 2002, 221: 208-211.

Venkatachalam D, Chambers P, Kongara K, Singh P. Toxicity and pharmacokinetic studies of lidocaine and its active metabolite, monoethylglycinexylidide in goat kids. *Animals* 2018, 142: doi:10.3390/ani8080142.

Vickers KJ, Niel L, Kiehlbauch LM, Weary DM. Calf Response to Caustic Paste and Hot-Iron Dehorning Using Sedation With and Without Local Anesthetic. *J Dairy Sci* 2005, 88: 1454-1459.

VNa 592/2010. Valtioneuvoston asetus nautojen suojelusta.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100592>, haettu 16.3.2019.

Wagmann N, Spadavecchia C, Morath U, Schüpbach GI, Zanolari P. Evaluation of anaesthesia and analgesia quality during disbudding of goat kids by certified Swiss farmers. *BMC Vet Res* 2018, 14: 220.

Walker SM, Tochiki KK, Fitzgerald M. Hindpaw incision in early life increases the hyperalgesic response to repeat surgical injury: Critical period and dependence on initial afferent activity. *Pain* 2009, 147: 99-106.

Yagura S, Onimaru H, Kanzaki K, Izumizaki M. Inhibitory effects of eugenol on putative nociceptive response in spinal cord preparation isolated from neonatal rats. *Exp Brain Res* 2018, 236: 1767-1774.